

27 años de trabajo ininterrumpido

CARACTERIZACIÓN DE CULTIVARES DE CEBADA 2023

Evaluación 2022

Segundo ciclo de:

AMBEV 381, AMBEV 396.

Primer ciclo de:

MOSA 17/1, MOSA 18/225, INIA Sila (LE 324), INIA pinta (LE 316).

Facultad de Agronomía
EEMAC 2023

Solicitantes: MOSA – MUSA– INIA

CARACTERIZACIÓN DE CULTIVARES DE CEBADA 2022

Facultad de Agronomía - EEMAC 2023

Segundo año. AMBEV 381, AMBEV 396.

Primer año. MOSA 17/1, MOSA 18/225, INIA Sila (LE 324), INIA pinta (LE 316)

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 y cebada, busca generar información específica para cada nuevo cultivar que sale al mercado, y está pensado como complemento de la evaluación nacional de cultivares de INASE. Información que permite realizar inferencias agronómicas en cuanto a las necesidades de ambientes de producción y mejorar el manejo específico para cada cultivar. Se profundiza en las variables eco fisiológicas asociadas con la generación, construcción y concreción del potencial.

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

²Ayudante 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: MOSA 17/1 y MOSA 18/225 (MOSA), INIA Sila e INIA pinta (INIA). En segundo año fueron: AMBEV 381 y AMBEV 396 (MUSA).

Los testigos genéticos de largo plazo utilizados son: *E. Quebracho*, que ha mostrado sistemáticamente media capacidad de macollaje con buena sincronización del mismo, presentando un buen desempeño en rendimiento a poblaciones en el entorno a las 30 a 36 pl. m⁻¹ (Hoffman, Benítez, Cadenazzi, 2004). *FNC 6-1*, de regular sincronización (dependiendo del año) y más bajo potencial, respondiendo a poblaciones óptimas más bajas que el testigo *E. Quebracho* (Hoffman, Benítez, Cadenazzi, 2004), aunque variable con el año. Desde 2013 se ha sumado *INIA Arrayán* como testigo, no solo por ser el cultivar más sembrado en Uruguay a la fecha, sino por ser un cultivar de buen potencial, adaptado a las condiciones de producción uruguayas. Este cultivar fue caracterizado finalmente en el año 2006 (Hoffman et al., 2007).

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), número de plantas logradas y tallos totales. 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 03 de julio (≈71 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 clasificación (1^o+2^o - proporción de granos > 2.5 mm).

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 + 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 (MiravisTriple Pack), el 30/08 (Z 3.0), el 27/09 (Z 5.0) y el 01/11 (Z 7.7). Este año no se registró 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 Análisis	Unidades de nutriente y fuente utilizada
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)	4	70 UN (40-0-0-6)
Z 3.0	N total en planta al 29/08 (%)	4,5	
	Biomasa aérea (Mg ha ⁻¹)	4,48	0
	Índice de suficiencia Nitrogenada (INN)	1,72	
Z 3.3	N total en planta al 14/09 (%)	2,3	
	Biomasa aérea (Mg ha ⁻¹)	8,26	0
	Índice de suficiencia Nitrogenada (INN)	1,06	

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 periodo 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. 10 y Cuadro 9).

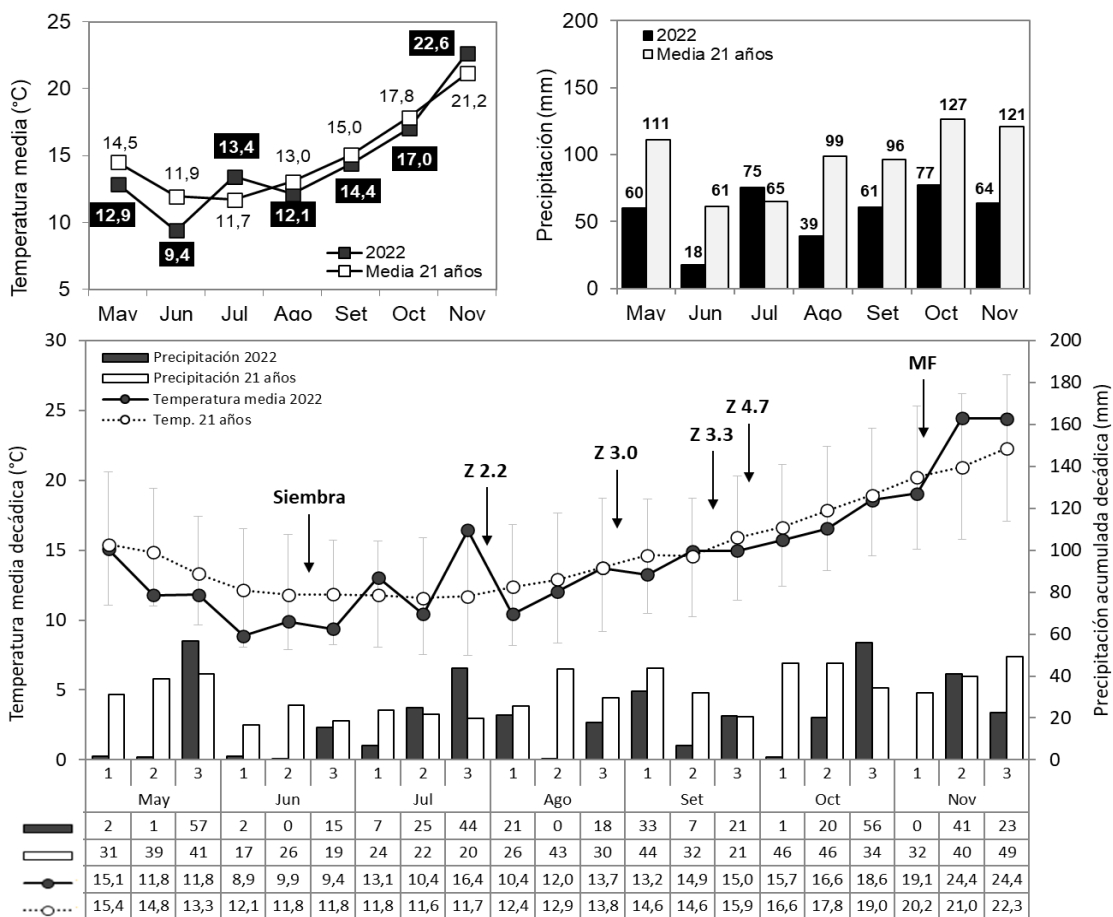


Figura 1.- Precipitaciones y temperaturas medias mensuales (arriba) y decádicas (abajo), para el año 2022 en relación al promedio histórico mensual y decádico de 21 años, para Paysandú. Los estadios fenológicos son promedios.

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 muy 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. 6). El valor del coeficiente fototermal ($Q - \text{base } 4.5^{\circ}$) durante el período crítico ($2.0 \text{ Mj}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), resultado de una muy elevada radiación y menor temperatura hacia finales de setiembre y principios de octubre (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 últimos 20 días del período crítico.

Los primeros 57 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 levemente inferior a 0 °C durante este periodo.

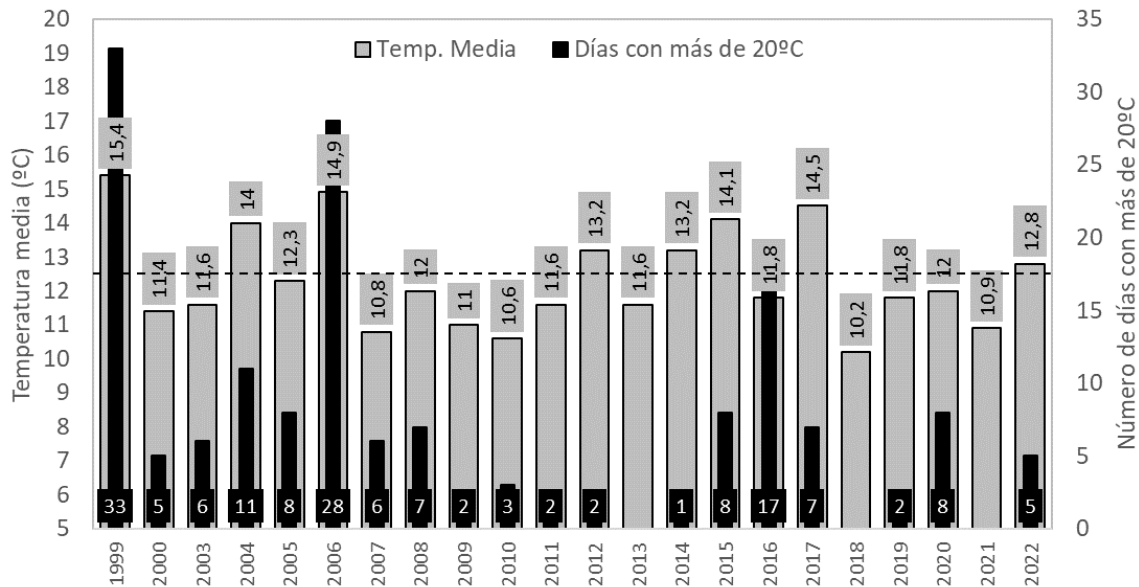


Figura 2.- Régimen térmico en campo desde emergencia hasta Z 3.0 del año 2022, en relación con años anteriores. Emergencia: 03/07; Z 3.0: 29/08. La línea discontinua horizontal indica la media (12.4 °C) de la serie de años.

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 (E. Quebracho y FNC 6-1) en distintos años de caracterización.

Año	Temp. Media*	Inicio macollaje		Sincronización (Dif. en días T _p -T ₂)	Plantas S/macollos (%)	Plantas que saltean T ₁ (% de las que macollan)
		Dpe	Haun del T _p			
1999	16,9	26,8	4,3	27,3	45	55
2000	14,6	24,3	3,0	30,5	1,8	1,1
2004	14,7	20,7	3,4	22,5	0	0
2005	15,7	13,2	3,2	17,8	0	0
2006	16,1	21,2	3,5	24,0	0	0
2007	17,1	24,7	4,3	S/T2	30	15,8
2008	15,3	19,0	2,4	22,5	0	0
2009	14,0	27,3	3,5	28,0	0	0
2010	16,7	24,5	4,8	23,0	0	45
2011	15,3	41,0	3,8	46,0	0	20
2012	15,9	27,3	4,1	37,0	0	15
2013	14,8	26,4	3,9	26,0	15	41
2014	16,2	23,4	3,9	25,7	0	0
2015	15,6	20,2	3,4	23,9	0	0
2016	16,4	20,1	3,6	23,2	0	10
2017	17,5	19,0	3,9	20,1	0	0
2018	14,1	24,1	3,4	29,2	0	0
2019	15,4	19,4	3,6	23,0	0	20
2020	15,0	28,0	4,2	33,4	10	15
2021	15,2	29,0	4,0	32,2	10	11
2022	15,6	27,6	3,6	32,1	0	5
Prom.	15,6	24,2	3,7	27,4	5,3	12,1

*Temperatura media en invernadero (primeros 50 días de crecimiento). &- 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 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. 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. Sin embargo, el pico de temperaturas elevadas a partir de los 20 días pos emergencia (anterior al T₂), probablemente retrasó la aparición del T₂, generando una mayor desincronía que el promedio de la serie ($\Delta \approx 4.7$ días). La desincronización del macollaje fue en promedio elevada, similar a los dos años anteriores.

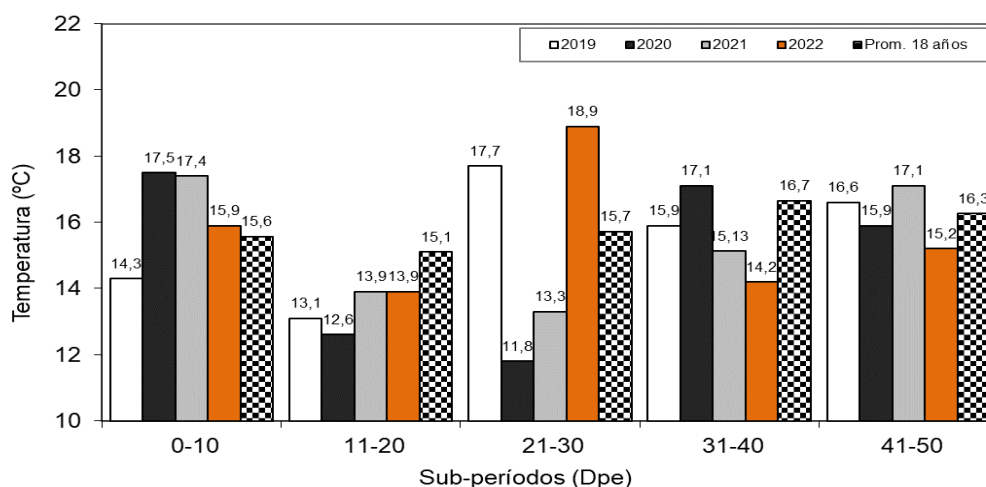


Figura 3.- Temperatura media para distintos sub-períodos desde la emergencia hasta los 50 dps (Z 3.0), en invernadero para 2019, 2020, 2021 y 2022 (temperatura media, 15.4 °C; 15.0 °C; 15,2°C y 15,6°C para el año 2019, 2020, 2021 y 2022 respectivamente).

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 desfavorable 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 lo discutido anteriormente, el macollaje en invernadero fue superior al observado a campo (Fig. 2), pero se espera una mayor desincronización y proporción de plantas que saltan el T₁, principalmente en 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); año en el cual se registraron algunas variedades con mayor macollaje que a campo. Similar 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.- Capacidad de macollaje en invernáculo y campo para Quebracho, FNC 6-1 y Arrayán (testigos de largo plazo) durante las últimas 10 zafas para una población equivalente a las 30 pl. m⁻¹, con fungicida.

Año	FNC 6-1		Quebracho		Arrayán	
	Campo	Invernáculo	Campo	Invernáculo	Campo	Invernáculo
----- macollos pl ⁻¹ -----						
2013	7,1	4,4	5,6	4,6	6,6	3,2
2014	4,1	3,1	3,5	3,9	3,8	3,2
2015	3,1	3,6	3,4	4,5	4,0	4,7
2016	4,8	3,6	3,8	3,4	4,3	4,7
2017	4,4	5,3	5,3	5,6	5,5	5,0
2018	6,1	4,5	5,1	4,5	4,4	5,6
2019	5,0	4,2	4,9	3,1	4,3	3,1
2020	4,9	3,3	4,4	2,7	4,5	3,3
2021	3,5	3,1	3,2	2,6	3,6	3,3
2022	3,4	6,5	3,7	6,0	3,3	6,2
Prom.	4,6	4,2	4,3	4,1	4,4	4,2

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), además del uso de un nuevo sustrato.

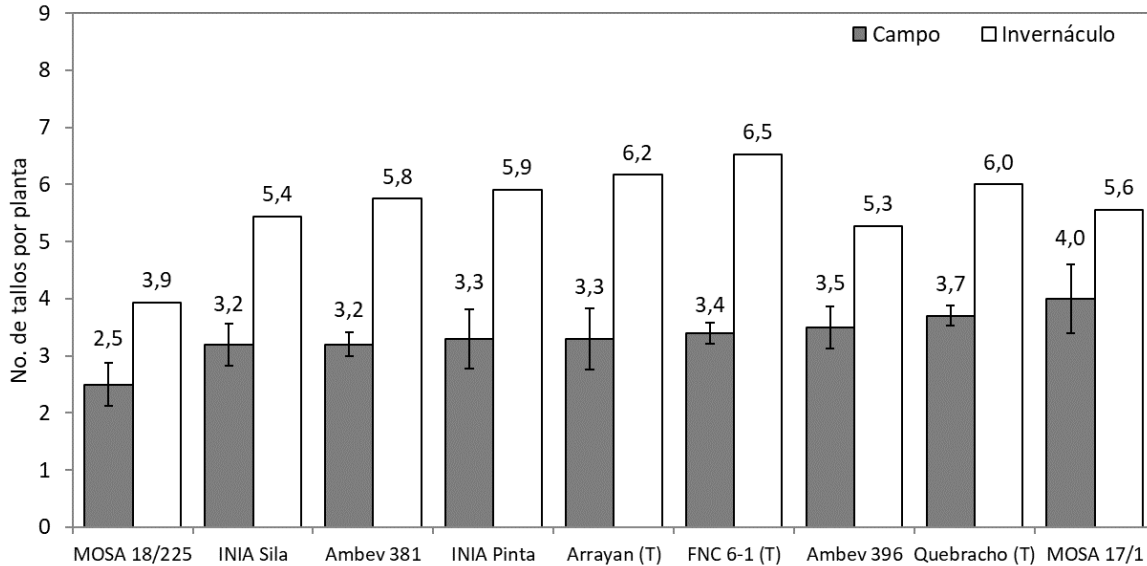


Figura 4.- Capacidad de macollaje en invernáculo y a campo para todos los cultivares en el 2022, para una población equivalente a las 30 pl. m⁻¹, con fungicida. (macollos/planta a campo, p-valor = 0,334).

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. Este año, no se registraron diferencias significativas en la capacidad de macollaje entre las variedades evaluadas (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 2017, 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, ordenados por sincronía.

Variedades	Inicio mac. (dpe)	Inicio mac. Haun T_p ^{&}	Sincronización Dif. T_p-T_2 (días)	Plantas sin mac.	Plantas con T_0	Plantas sin T_1
MOSA 18/225	35	4,3	37	0%	0%	20%
INIA Sila	31	3,9	34	0%	0%	10%
INIA Pinta	30	4,0	33	0%	0%	0%
Ambev 381	28	3,8	32	0%	0%	0%
FNC 6-1 (T)	28	3,7	32	0%	0%	10%
MOSA 17/1	29	3,5	32	0%	0%	0%
Quebracho (T)	27	3,5	32	0%	0%	0%
Ambev 396	27	3,4	32	0%	0%	0%
Arrayan (T)	26	3,4	32	0%	0%	0%
Promedio	29	4,0	33	0%	0%	4%

[&] - Número de hojas en el tallo principal- Escala Haun. (1973).

En 2022, el régimen térmico hizo que las diferencias en los parámetros que caracterizan el crecimiento inicial (Cuadro 4) se diferenciaron menos entre los testigos de largo plazo en relación a lo reportado en años anteriores. Sin embargo, los mismos se comportaron como era esperable, Quebracho macolla antes y es más sincronizado que FNC 6-1, y este último tiende a presentar una mayor proporción de plantas que suprimen el T_1 . Tomando como referencia el comportamiento de los testigos de largo plazo; una elevada proporción de los nuevos cultivares, presentaron una mayor cantidad de días entre T_p y T_2 en relación al testigo desincronizado (FNC 6-1). Las condiciones térmicas descritas en la figura 3, pueden ayudar a entender este comportamiento.

Los nuevos cultivares caracterizados, si bien también difieren menos entre ellos que en años anteriores, las diferencias son consistentes en cuanto a que los que retrasan el inicio de macollaje, tienden o son los que muestran mayor desincronización y son los que presentan mayor proporción de supresión del T_1 (Fig. 5 a y b). Para este año con un pico de temperatura entre los 20 y 30 días de crecimiento (Fig. 3); en promedio el macollaje se mostró más desincronizado, se inició más tarde en días y en Haun del T_p en relación a años anteriores.

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, algunas variedades registran diferencias considerables, no sólo por cuan temprano inician el macollaje (diferencia de 9 días entre los extremos) sino cómo reaccionan al calor en cuanto a la sincronía y calidad de macollaje y en términos de proporción de plantas que no presentan T_1 . Estas diferencias explican en parte la respuesta a la población y su adaptabilidad regional.

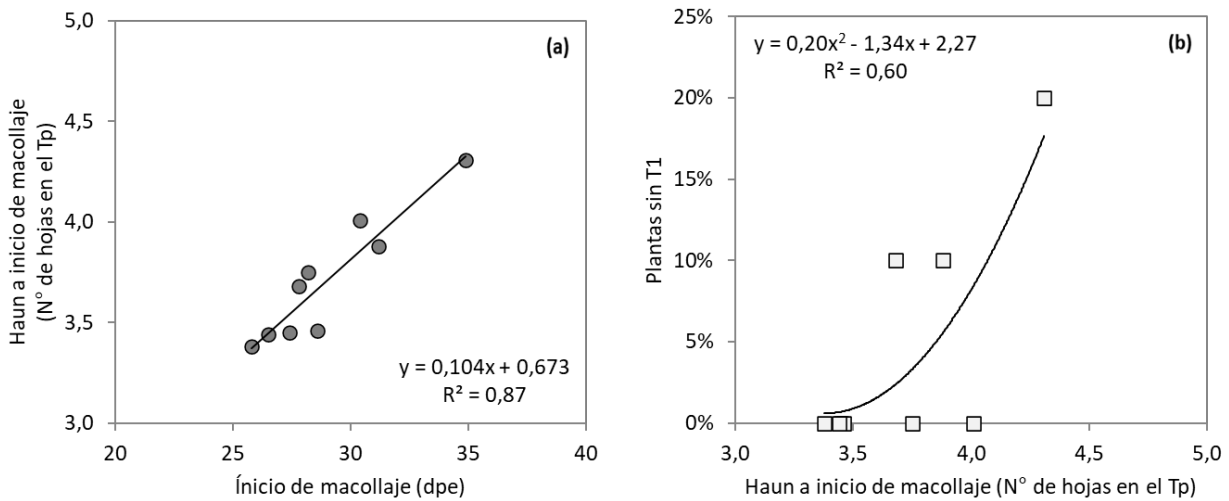


Figura 5.- Relación entre el inicio del macollaje en días pos-emergencia y el inicio fenológico del macollaje en número de hojas (a) y relación inicio fonológico del macollaje y supresión del T₁ (b) en el año 2022.

El inicio de macollaje más temprano, ha estado asociado directamente con menos hojas en el tallo principal (T_p) al inicio de macollaje (Fig. 5a). En la medida que se da un retraso fonológico en el inicio del macollaje, entorno a las 3.5 hojas en el T_p, 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).

2. Resultados de los experimentos de campo

2.a. Rendimiento y sus componentes promedio por cultivar

El análisis de la serie desde el año 2000 al 2022 para los testigos de largo plazo (Quebracho y FNC 6-1), 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 $\geq 6364 \text{ kg ha}^{-1}$) presentan un Q promedio de $1.79 \pm 0.34 \text{ Mj}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ durante el período crítico y una oferta de agua disponible aparente promedio (AD_{ap}) desde Z 3.0 a cosecha de $309 \pm 53 \text{ mm}$. Por el contrario, los años que integran el cuartil inferior (rendimiento $\leq 4388 \text{ kg ha}^{-1}$) el valor promedio de Q es menor ($1.60 \pm 0.20 \text{ Mj}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) y la oferta de AD_{ap} es un 41% mayor ($438 \pm 189 \text{ mm}$). Los rendimientos obtenidos en los testigos de largo plazo, ubican al año 2022 como un año alejado de los máximos, levemente por sobre la media de la serie histórica (311 kg ha^{-1}) (Fig. 6). Esta caracterización del año, en base al rendimiento alcanzable limitado por agua, nos permite interpretar los resultados de cada variedad.

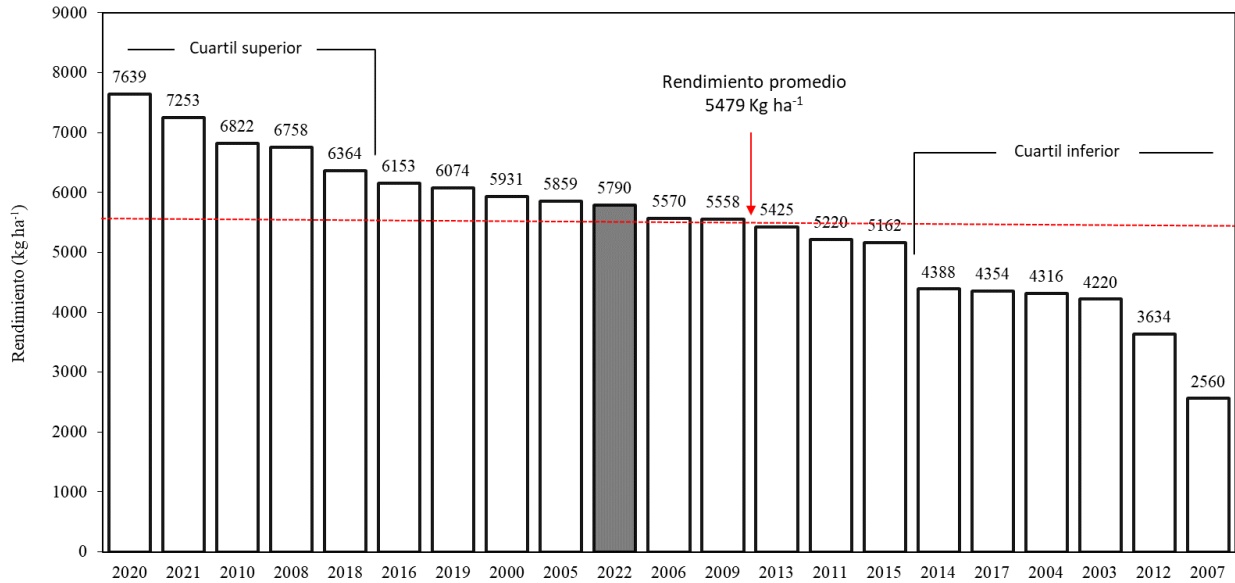


Figura 6.- Rendimiento en grano de los testigos (E. Quebracho y FNC 6-1) evaluados durante el 2022 en comparación con años anteriores, a la mejor población con protección total, ordenado por rendimiento.

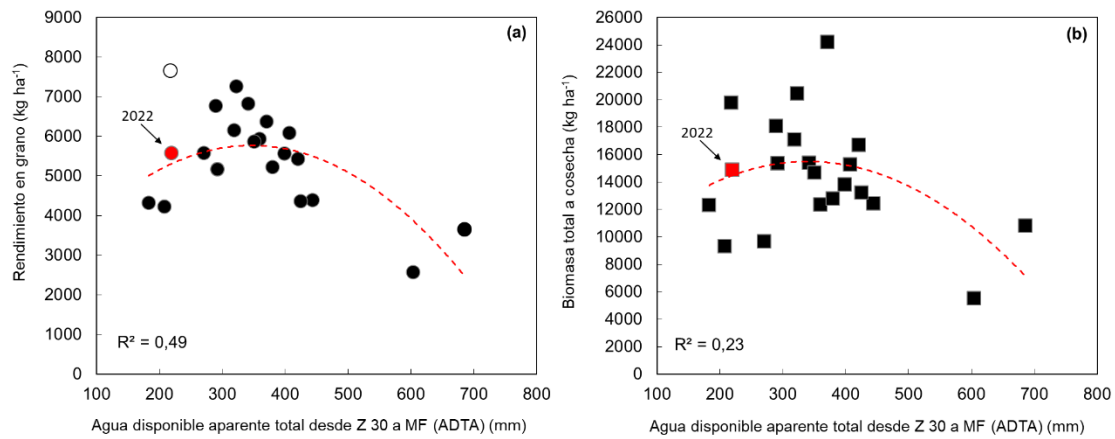


Figura 7.- Rendimiento en grano de los testigos (E. Quebracho y FNC 6-1) en ausencia de enfermedades foliares a hongos, en función del agua total disponible aparente (ADTA) desde Z 3.0 a MF (a), biomasa total a cosecha, desde el año 2000 (b).

Como viene siendo registrado en los últimos años, la oferta de agua total disponible aparente (ADTA) desde Z 3.0 a madurez fisiológica (MF), determina una porción importante de la variación del rendimiento en grano del año. El valor de esta información, más allá de su exactitud (considerando las diferencias experimentales naturales entre años y las variaciones en el Q durante el PC y la temperatura durante el llenado de granos), muestra que existe estrecha relación con el agua (sin la interferencia de las enfermedades, con el mejor ajuste tecnológico para cada año, y para los mismos testigos genéticos), y ayuda a entender el comportamiento de las variedades de interés en cada año contemplando las condiciones de producción del año.

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 (E. Quebracho y FNC 6-1), a la población óptima.

Año	2020	2021	2010	2008	2018	2016	2019	2000	2005	2022	2006	2009	2013	2011	2015	2014	2017	2004	2003	2012	2007
Rend. Corr. 14% H (Kg ha ⁻¹)	7639	7253	6822	6758	6364	6153	6074	5931	5859	5790	5570	5558	5425	5220	5162	4388	4354	4316	4220	3634	2560
Biomasa total (Kg ha ⁻¹)	19782	20234	15381	18061	24193	17089	15279	12340	14695	15459	9671	13829	16705	12768	15320	12447	13203	12313	9307	13805	5517
Índice de Cosecha (%)	38	37	43	37	26	37	39	48	42	37	54	40	33	36	33	34	32	35	46	26	41
Macollos m ⁻²	562	786	864	708	975	557	900	1044	827	751	922	1185	1218	1291	829	838	1149	1018	855	sd	586
Fertilidad de tallos (%)	86	48	75	83	55	80	60	53	77	73	62	68	73	51	68	78	67	58	74	sd	82
Espigas m ⁻²	481	377	626	583	524	440	537	559	634	543	565	806	882	626	548	650	764	583	630	728	484
Granos espiga ⁻¹	31	26	25	25	26	31	24	25	20	23	18	19	18	19	15	17	18	15	18	15	11
Granos m ⁻²	15092	16018	15381	14862	13788	13074	12893	13975	12635	12166	10024	14227	14356	11663	8027	10588	13728	8383	11452	10161	5151
Peso de grano (mg)	42	46	45,9	49,3	44,7	44,8	42,7	43,0	48,1	47,7	51,0	39,3	38,4	42,0	46,6	39,8	34,4	52,0	45,0	35,7	45,5
Clasificación (% granos > 2.5 mm)	91,4	93,0	94,6	93,5	84,0	94,0	91,0	88,0	93,0	91,4	97,0	88,5	88,8	95,0	90,3	86,8	88,6	97,0	94,0	73,5	96,0
Proteína en grano (%)	12,9	9,6	13,4	11,5	12,9	12,8	12,7	11,9	11,9	10,9	14,1	15,2	14,5	13,7	10,7	13,2	14,2	11,7	11,6	13,9	12,5
Precipitaciones, encañado-llenado de grano. (Set, Oct, y ½ Nov)	108	184	232	195	219	259	291	210	231	178	221	312	348	328	271	431	245	113	148	546	462
Capacidad almacenaje del suelo - Agua disponible a Z 30 (mm)	110	139	110	95	152	60	116	150	120	42	50	87	73,5	52	22	92	103	70	60	140	91
Agua disponible total aparente (mm)*	218	323	342	290	371	319	407	360	351	220	271	399	421	380	291	523	425	183	208	686	604
Q (Mj ⁻¹ m ⁻² d ⁻¹ °C ⁻¹) (**)	2,43	1,44	1,73	1,61	1,74	2,06	1,90	-	1,82	2,00	-	2,08	1,73	1,52	2,16	1,81	1,34	1,77	-	1,48	-

(*) – 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 4.5 °C).

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: 14638 kg ha⁻¹; IC: 38 %). Para los testigos de largo plazo, la densidad objetivo media (212 pl m⁻²), fue la que generó los mejores rendimientos en este año (Cuadro 5).

El rendimiento obtenido en los testigos de largo plazo, se concretó en base a un mayor peso de grano (Δ : 4 mg en relación a la media), pero un No. granos m⁻² no tan elevado (promedio) a pesar de cuantificarse un No. granos espiga⁻¹ en torno a la media, resultado de una reducción en el No. espigas m⁻² (9% inferior a la meda). Esto último fue producto de una fertilidad de tallos similar a la media (68%) pero con un menor No. tallos m⁻² (16% inferior a la media). 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). Por último, destacar que la proteína fue 1.8 puntos inferior a la media.

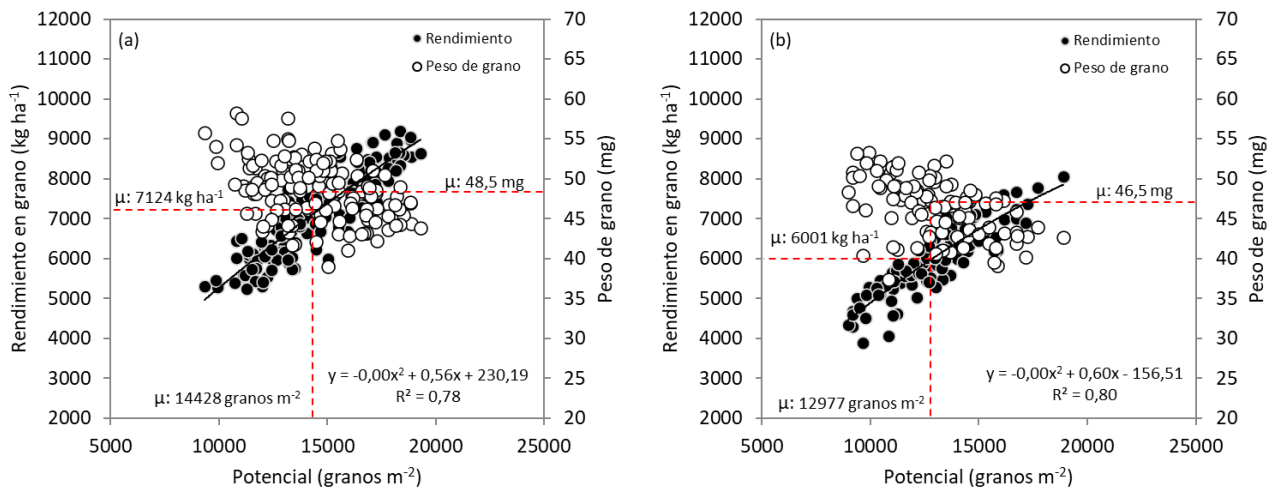


Figura 8.- Rendimiento y peso de grano, en función del número de granos llenos, de todos los cultivares evaluados a tres poblaciones, en el año 2021 (a) y 2022 (b).

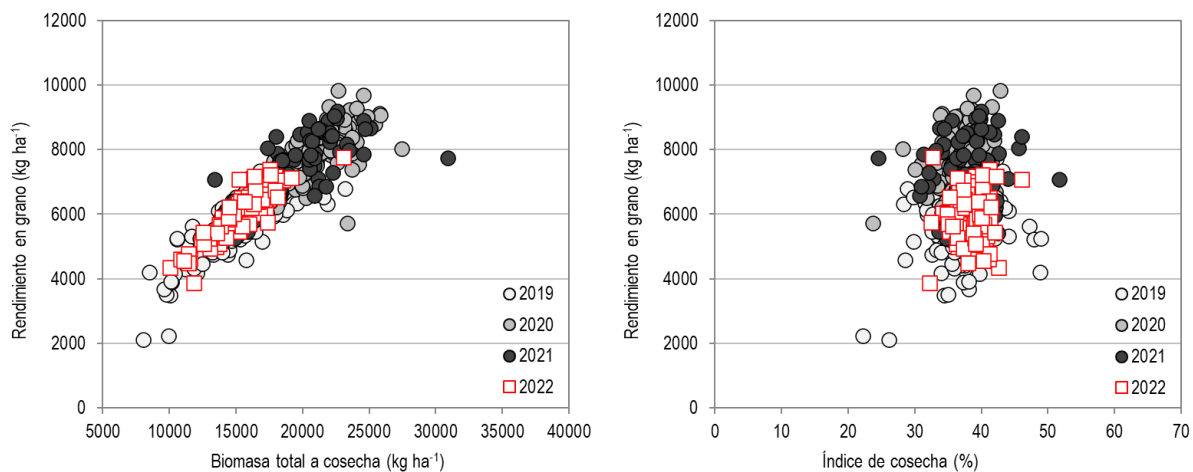


Figura 9.- Relaciones entre biomasa total a cosecha y rendimiento en grano (izquierda) e índice de cosecha y rendimiento en grano (derecha) para el año 2022 en relación a los 3 años anterior, para todas las poblaciones.

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 (Fig. 9); 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. 9).

En los cuadros 6 y 7, 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), ocurrieron 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 nuevas variedades caracterizadas. Si bien las variedades nuevas 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 6.- Rendimiento, biomasa total e índice de cosecha para todos los cultivares en el 2022 y rendimiento observado en el año 2021, para el promedio de las poblaciones evaluadas, ordenado por rendimiento medio de cada cultivar (con protección total).

Cultivar	2022			2021	Rend. 2022 en
	Biomasa total (Kg ha ⁻¹)	I. Cosecha (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	relación a 2021 (%)
Ambev 381	16721	38,3 abc	6512 a	7582	86%
Mosa 17/1	16043	38,9 abc	6412 ab	-	-
Ambev 396	15339	40,6 a	6361 ab	6906	92%
INIA Pinta	15325	38,5 abc	6022 ab	-	-
Mosa 18/225	14800	39,6 abc	5964 ab	-	-
INIA Sila	14034	39,8 ab	5688 ab	-	-
Quebracho (T)	14802	37,1 bc	5575 b	7190	78%
FNC 6-1 (T)	14887	36,5 c	5562 b	7316	76%
Arrayan (T)	14363	37,5 abc	5496 b	6945	79%
Promedio	15146	38,5	5955	7188	83%
<i>p</i> -valor	0,063	0,015	0,0014		
MDS (5%)*	ns	3,20	935		
CV (%)	11,6	5,5	10,3		

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

Cuadro 7.- Componentes del rendimiento para todas las variedades a una población promedio de 201 pl. m⁻² en el año 2022, libre de enfermedades foliares y espiga provocadas por hongos.

Cultivar	Espigas m ⁻² (Nº)	Tamaño de espiga (granos espiga ⁻¹)	Potencial (granos m ⁻²)	P. Grano (mg)
Ambev 381	486	28	13614 ab	48 a
Mosa 17/1	568	28	15437 a	42 b
Ambev 396	513	27	13733 ab	46 a
INIA Pinta	483	27	12886 bc	47 a
Mosa 18/225	468	26	12210 bc	49 a
INIA Sila	474	26	12047 bc	47 a
Quebracho (T)	509	23	11577 c	48 a
FNC 6-1 (T)	477	25	11408 c	49 a
Arrayan (T)	458	29	12881 bc	43 b
Promedio	493	27	12866	47
<i>p</i> -valor	0,053	0,144	<0,0001	<0,0001
MDS (5%)	ns	ns	1919	2,97
CV (%)	14	16,2	9,8	4,2

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 de interés (Cuadro 6), la construcción y concreción del mismo fue por caminos diferentes. Por ejemplo, Ambev 381 y Ambev 396 concretaron el rendimiento en base al peso de granos y No. granos m⁻² a diferencia de lo cuantificado en 2021, donde las

variedades lograron un menor peso de granos en relación a las demás variedades (en términos generales). En el caso de las demás variedades (con sólo 1 año de caracterización), podemos observar dos grupos. Mosa 17/1 construyó el rendimiento en base al No. granos m⁻² principalmente y obtuvo un menor PG en relación a las demás variedades (en términos generales); mientras que INIA Pinta, INIA Sila y Mosa 18/225 concretaron el rendimiento en base a PG con un menor No. granos m⁻² en relación a Mosa 17/1.

Las diferencias cuantificadas en el No. macollos m⁻² entre algunas variedades, en este año no generaron diferencias en el No. espigas m⁻² (p-valor >0.05), probablemente por la elevada fertilidad de tallos registrada, producto de las condiciones hídricas y térmicas posteriores al inicio de elongación del tallo principal.

Cuadro 8.- Población, macollaje máximo a Z 3.0, fertilidad de tallos y espigas m⁻² a cosecha, promedio para todas las variedades, libre de enfermedades foliares y espiga provocadas por hongos.

Cultivar	Población pl. m ⁻²	Macollos m ⁻² a Z 30	Fertilidad (%)	Espigas m ⁻² (Nº)
Ambev 381	203	680 ab	73	486
Mosa 17/1	201	754 a	78	568
Ambev 396	195	702 ab	74	513
INIA Pinta	206	754 a	65	483
Mosa 18/225	206	625 b	76	468
INIA Sila	190	666 ab	72	474
Quebracho (T)	207	716 ab	73	509
FNC 6-1 (T)	204	659 ab	74	477
Arrayan (T)	201	704 ab	66	458
Promedio	201	696	72	493
<i>p-valor</i>	0,093	0,042	0,204	0,053
<i>MDS (5)*</i>	<i>ns</i>	121	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>C.V (%)</i>	6,3	12,5	14,8	14

La relación entre el rendimiento final de cada cultivar y los principales componentes numéricos que definen el rendimiento, en los últimos años muestra 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 generar elevado número de granos y concretar elevado PG. En 2022, no se registraron los elevados valores en el No. granos m⁻² (>20.000) como en el 2020 o elevada frecuencia de casos con >15.000 granos m⁻² como en el 2021; mientras que la diferencia en el PG se cuantificó en los percentiles 10 y 90, siendo levemente inferior (Δ : -2 mg, en ambos casos) en relación a 2021 (Fig. 8).

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

La figura 10, muestra el cambio en el rendimiento en relación a la población para el conjunto de todos los cultivares con protección total de enfermedades evaluados durante el 2022 y 2021. 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 zafas 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 para cada variedad por separado (Fig. 11).

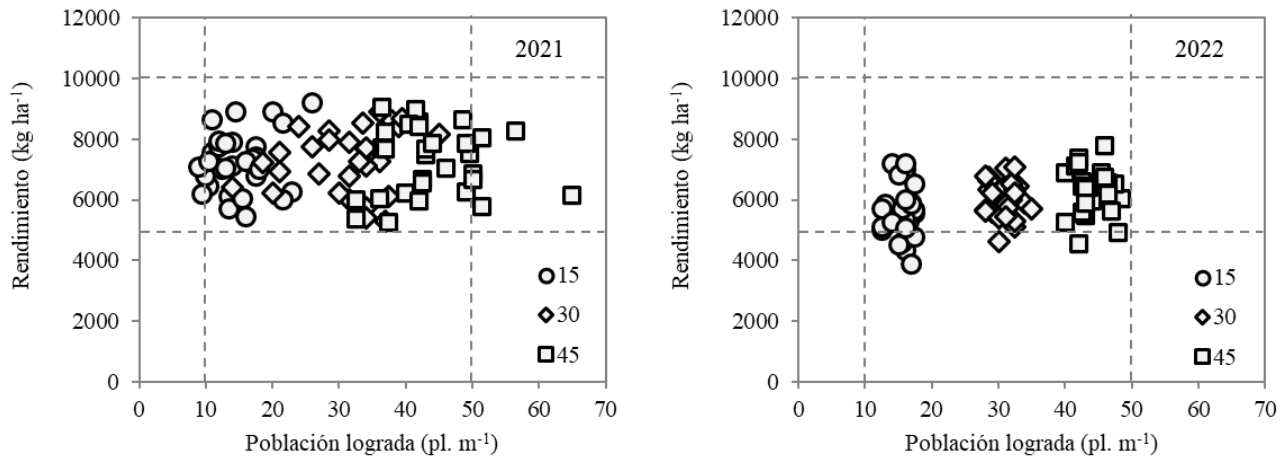


Figura 10.- Rendimiento a campo en función de la variación de la población para el año 2022, en relación al año anterior, sin interferencia de enfermedades foliares y de espiga, provocadas por hongos. Símbolos indican la densidad objetivo.

El estudio de la interacción población por cultivar a través del análisis clásico por ANAVA, suele no ser significativa. Ello resulta, de que los valores de la población a campo generalmente no respetan una categoría, sino que se distribuyen en un rango continuo, que además es variable por cultivar. Es por ello que la respuesta a la población se estudia mediante regresiones entre rendimiento y plantas efectivamente logradas para cada cultivar evaluado a campo (figura 11). En general cuando para algún año y cultivar, existe a nivel del tratamiento de mayor densidad, un incremento de rendimiento por superar las 35-40 pl. m⁻¹, se logran ganancias de rendimiento escasas por encima del rango máximo de respuesta encontrado hasta la fecha (40 a 45 pl. m⁻¹). En este año, en ningún caso se justificó incrementar la población por encima del rango óptimo medio de 40 pl. m⁻¹ (Figura 11).

En general, en los años donde es necesario el ajuste preciso de la población, FNC 6-1 y Arrayán presentan una población óptima en torno a las 30-35 pl. m⁻¹ y Quebracho en torno a las 35-40 pl. m⁻¹. Esto es porque Quebracho se caracteriza por ser sincronizada con inicio del macollaje temprano, sin embargo, FNC 6-1 presenta un menor grado de sincronía y retrasa el inicio de macollaje; mientras que Arrayán tiene parámetros de crecimiento inicial intermedios. Además, Quebracho y FNC 6-1 presentan media a baja capacidad de macollaje, mientras que Arrayán presenta media a alta capacidad de macollaje. Para las condiciones climáticas de este año, los testigos de referencia FNC 6-1 y Arrayán no presentaron respuesta a la población, sin embargo, Quebracho presentó una población óptima en torno a las 30-35 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 (Fig. 11).

MOSA 17/1 fue la única variedad que no presentó un patrón definido de respuesta a la población, sin embargo, parecería tener el mismo comportamiento que las demás variedades; pero al no ajustar un modelo no podemos

asegurarlo con un solo año. Todas las demás variedades de interés presentaron una respuesta positiva al incremento de la población (Fig. 11).

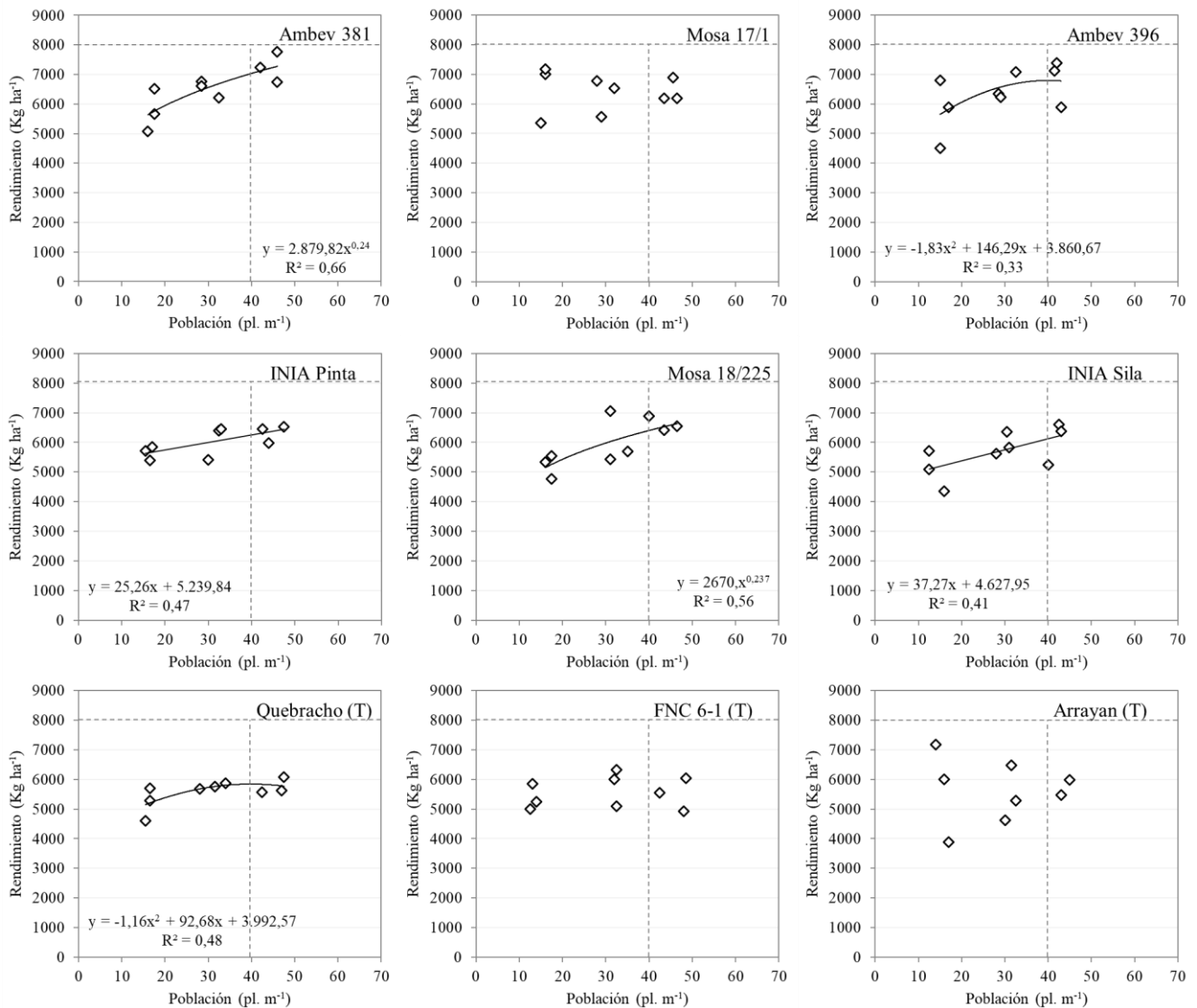


Figura 11.- Rendimiento en grano en función de la población lograda a campo, para los distintos cultivares evaluados en relación a los testigos, durante el invierno del 2022, con fungicidas.

En el caso de las variedades que cumplen con los dos años de caracterización, la definición de la población óptima no debe basarse únicamente en la relación población-rendimiento (Fig. 12). La decisión de la población a utilizar en cada variedad, debería tomarse en función del grado de sincronía, capacidad de macollaje, interacción con los componentes numéricos del rendimiento y finalmente con la respuesta en rendimiento; en la mayor cantidad de años posible. Ambev 381 tiende a tener un comportamiento similar al de FNC 6-1, mientras que Ambev 396 pareciera tender al comportamiento de Arrayan en cuanto a las características del crecimiento inicial. En ambos años, Ambev 396 pareciera que concreta un No. esp. m⁻² levemente superior a Ambev 381, lo que genera un tamaño de espiga en Ambev 396 levemente inferior a Ambev 381. Si bien, Ambev 396 presentó un menor rendimiento (en términos generales) que Ambev 381, en la primera se cuantificó una mayor estabilidad (Cuadro 6).

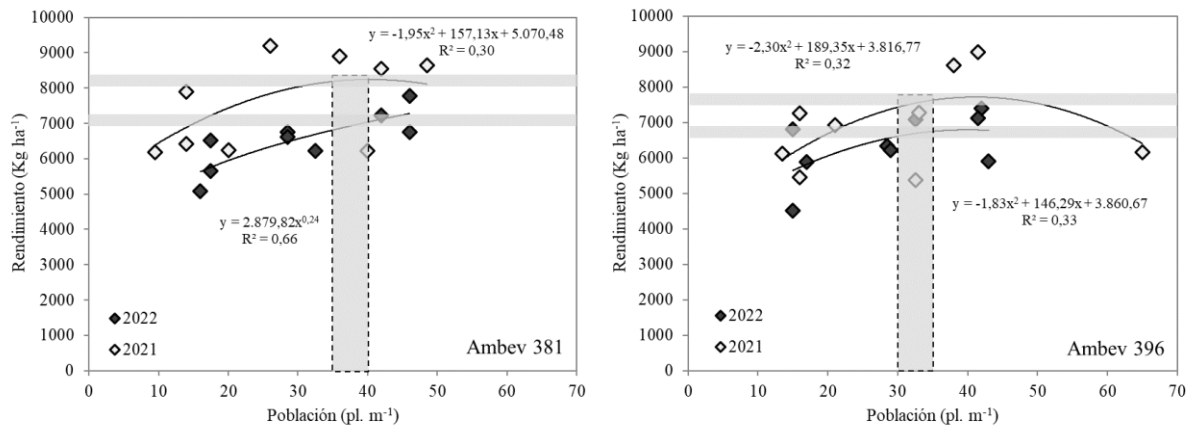


Figura 12.- Rendimiento en grano en función de la población lograda a campo, para los cultivares que cumplen dos años de evaluación en el año 2022, con fungicidas.

Por lo que significa en cuanto al entendimiento de cómo se construye el potencial de cada cultivar, y cuál es la base de la respuesta a la población en cuanto a componentes, la información de cuadro 9 muestra los componentes por cultivar para las tres poblaciones evaluadas en el año 2022.

Cuadro 9.- Componentes del rendimiento en respuesta al cambio en la población para todos los cultivares evaluados en el 2022, con fungicida, ordenados por rendimiento medio.

Variedad	Trat. Población (pl. m ⁻¹)	Población (pl. m ⁻¹)	Población (pl. m ⁻²)	Esp. m ⁻²	Granos esp. ⁻¹	Granos m ⁻²	PG (mg)
Ambev 381	15	17	113	430	28	11442	50
	30	30	199	484	27	13141	50
	45	45	298	544	30	16258	45
MOSA 17/1	15	16	104	471	32	15123	43
	30	30	198	521	29	14964	42
	45	45	301	711	23	16226	40
Ambev 396	15	16	104	456	26	12067	47
	30	30	200	549	26	14179	46
	45	42	281	536	28	14952	45
INIA Pinta	15	16	109	422	27	11273	50
	30	32	212	471	29	13087	46
	45	45	298	556	26	14297	44
MOSA 18/225	15	17	113	407	26	10374	50
	30	32	216	471	27	12566	48
	45	43	289	526	27	13690	48
INIA Sila	15	14	91	370	27	10155	50
	30	30	199	500	26	12830	46
	45	42	279	552	24	13156	46
Quebracho (T)	15	16	108	501	20	10050	52
	30	31	208	527	24	12438	47
	45	46	304	498	25	12243	47
FNC 6-1 (T)	15	13	88	376	29	10563	51
	30	36	242	553	21	11656	48
	45	46	303	477	26	12180	48
Arrayan (T)	15	16	104	461	28	12619	45
	30	31	209	418	32	13233	41
	45	43	289	496	27	12790	42

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 (Ordenados en base a manejo específico de población y fungicida)	Sin manejo específico	Con manejo específico	Factor de manejo responsable del cambio	Cambio de potencial	
	199 pl. m ⁻² y sin fungicida	Población óptima y con fungicida		(Kg ha ⁻¹)	(%)
Ambev 381	6696	7252	Población	556	8
Ambev 396	6833	6798	-	-35	-1
Mosa 18/225	6330	6615	Población	285	4
Mosa 17/1	7188	6512	-	-676	-9
INIA Pinta	6342	6321	-	-21	0
INIA Sila	5473	6076	Población	603	11
FNC 6-1 (T)	6215	5809	-	-406	-7
Quebracho (T)	5332	5771	-	439	8
Arrayan (T)	4863	5689	-	826	17
Promedio*	6141	6316	Población	175	4

* 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 2389 kg ha⁻¹, desde los 4863 a los 7252 kg ha⁻¹. Estos 2389 kg ha⁻¹ que surgen del efecto de la variedad, fundamentalmente por la respuesta a la población (6% promedio para todas las variedades, p-valor: 0,0002) y este año en particular sin efecto sanidad (-2% promedio para todas las variedades, p-valor: 0,226). Año a año es muy clara la 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 se expresaron levemente (Cuadro A3).

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 cebada, realizado por la Facultad de Agronomía desde 1996 a la fecha.

		Rango óptimo de siembra (plantas por metro lineal)						
		24	27	30	33	36	40	44
1996	MN 599							
	Bowman							
1997	Clipper							
	FNC 6-1							
	E. Quebracho							
1998	Perún							
	N. Cangüé							
	N. Carumbé							
	N. Daymán							
	Diamalta							
CLI 3								
1999	MUSA 16							
	MUSA 936							
2000	NE 5993-13							
	NE 1695							
2003	Ambev 488							
	Q. Palomar							
	Q. Ayelen							
	INIA Ceibo							
2004	Q Aynara							
	NE 0293							
2005	Laisa (Ac 89)							
	Danuta							
	ND 17293							
2006	Aromo							
	NDL 98224							
	INIA Arrayan							
	Cel 232							
2007	Cle 240							
2008	Madi							
	MOSA 59531							
2009	Ambev 4							
	Ambev 31							
2010	Ambev 23							
	Conchita							
	Aliciana							
2011	Bambina							
2012	Cantara (LEA-1)							
	Irupé (Mosa 08/201)							
	Kalena (Mosa 08/218)							
	KWS Livia							
	Mosa 08/195							

	Mosa 08/215							
2013	Ambev 183							
	Ambev 19							
	Ambev 84							
	CLE 267							
	KWS Rosalina							
	Altea (MOSA 08/199)							
	Danielle (MOSA 08/203)							
2014	Passenger							
	Traveler							
	Natasia							
2015	CLE 280							
	CLE 282							
	Blondie							
	Explorer							
2016	MOSA 09/312							
	KWS Tinka							
	KWS Irina							
	Attika							
	C. 0671							
	C. 0670							
	C. 05098							
2017	MOSA 10/489							
	MOSA 12/284							
2018	CLE 290							
	MOSA 13/113							
	MOSA 13/123							
	MOSA 13/30							
2019	CLE 298							
	NAHARA							
	FANA							
	AMBEV 377							
2020	CLE 304 (INIA Abydos)							
	CLE 307 (INIA Osiris)							
	AMBEV 376							
2021	Ambev 378							
	Ambev 433 (Alhue)							
	MOSA 14/27							
	MOSA 15/74							
	MOSA 17/2							
2022	Ambev 396							
	Ambev 381							
		24	27	30	33	36	40	44

La información disponible en el trabajo 2022 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.

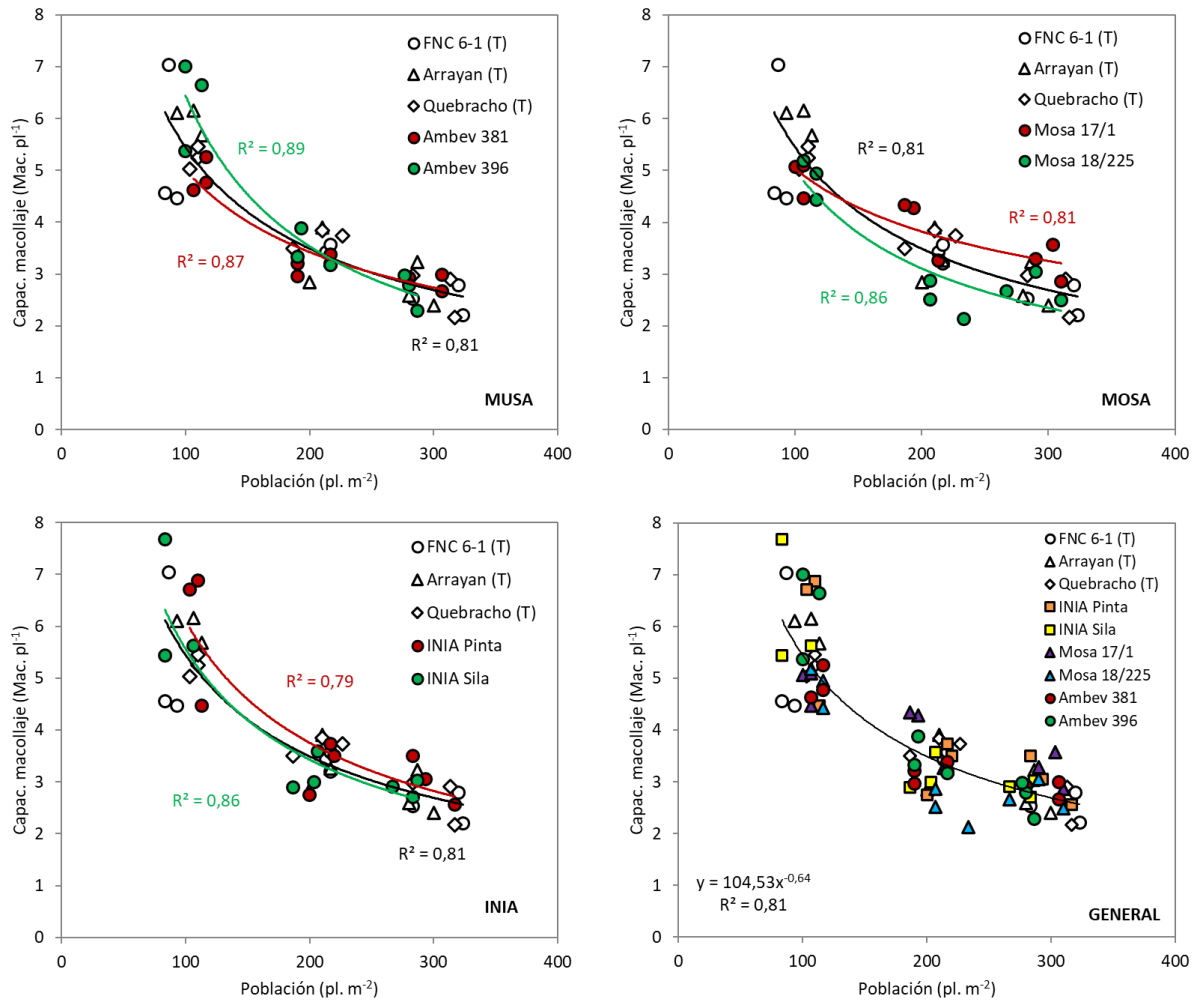
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 Bointa 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 Bointa 1002, Bointa 3000, Baguette 11 y Baguette 13. Primer ciclo de: Noyal, 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. *PlantDisease 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.- Proteína y tamaño de grano para todos los cultivares y poblaciones evaluadas en el 2022, con fungicidas (ordenado por rendimiento medio a todas las densidades).

Cultivar	Proteína en grano			Tamaño de grano		
	Población (pl. m ⁻¹)			Población (pl. m ⁻¹)		
	15	30	45	15	30	45
	----- (%) -----			----- 1 ^a +2 ^a (%) -----		
Ambev 381	8,4	8,3	8,6	88	90	89
Mosa 17/1	8,9	8,3	8,4	88	87	83
Ambev 396	9,6	9,0	9,2	88	91	92
INIA Pinta	9,6	9,4	8,9	94	93	93
Mosa 18/225	9,9	9,3	9,5	90	91	91
INIA Sila	10,0	9,1	9,8	91	92	90
Quebracho (T)	10,7	11,1	10,0	88	91	87
FNC 6-1 (T)	11,2	10,4	10,2	92	92	85
Arrayan (T)	10,0	9,6	9,3	91	91	90
Promedio	9,8	9,4	9,3	90	91	89

Cuadro A2.- Proteína en grano para todos los cultivares y poblaciones evaluadas en los dos últimos años con fungicidas.

Cultivar	Proteína en grano 2022			Proteína en grano 2021		
	Población (pl. m ⁻¹)			Población (pl. m ⁻¹)		
	15	30	45	15	30	45
	----- (%) -----			----- (%) -----		
Ambev 381	8,4	8,3	8,6	10,1	10,6	9,9
MOSA 17/1	8,9	8,3	8,4	-	-	-
Ambev 396	9,6	9,0	9,2	11,0	10,2	10,2
INIA Pinta	9,6	9,4	8,9	-	-	-
MOSA 18/225	9,9	9,3	9,5	-	-	-
INIA Sila	10,0	9,1	9,8	-	-	-
Quebracho (T)	10,7	11,1	10,0	10,2	10,3	9,1
FNC 6-1 (T)	11,2	10,4	10,2	9,1	9,4	10,1
Arrayan (T)	10,0	9,6	9,3	10,2	9,5	12,4
Promedio	9,8	9,4	9,3	10,1	10,0	10,3

2. Sanidad y respuesta en rendimiento al control

Para el año 2022 existió un nivel menor de enfermedades foliares, en relación a otros años, siendo mancha en red y ramularia, las principales enfermedades cuantificadas (Fig. A4, Cuadro A5).

Cuadro A3.- Rendimiento y componentes para el promedio de todos los cultivares con y sin fungicida evaluados en el 2022.

	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Biomasa tot. (kg MS ha ⁻¹)	IC (%)	Esp. m ⁻²	Granos esp. ⁻¹	Gr. m ⁻²	PG (mg)
C/Fungicida	5955	15146	39	493	27	12866	47
S/Fungicida	6141	16167	37	514	26	13309	46
Probabilidad	0,226	0,029	0,017	0,174	0,532	0,169	0,539
MDS (5%)	ns	911	1,01	ns	ns	ns	ns
CV (%)*	11,4	13,3	5,9	14	16	11	4,1
SC _i /SC _t **	0,9%	3,1%	4,4%	1,1%	0,4%	0,8%	0,1%

*.- 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.

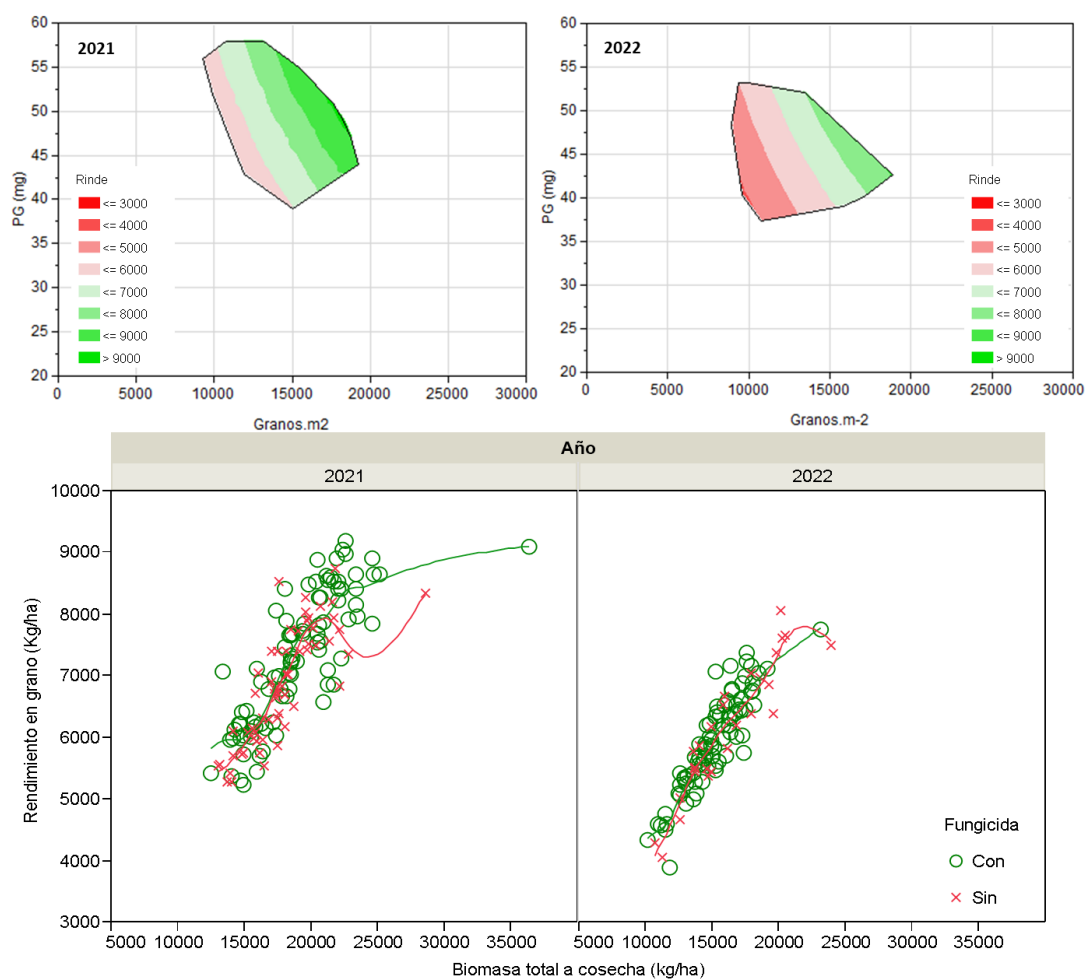


Figura A2.- Relación entre el peso de grano y el número de granos cosechados, en el año 2021 y 2022, para con y sin fungicida.

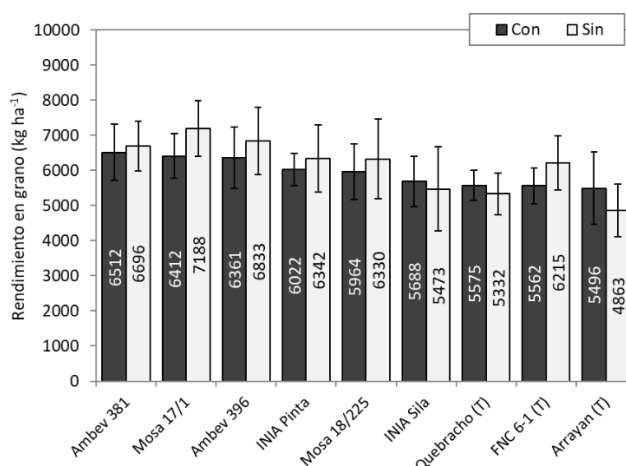
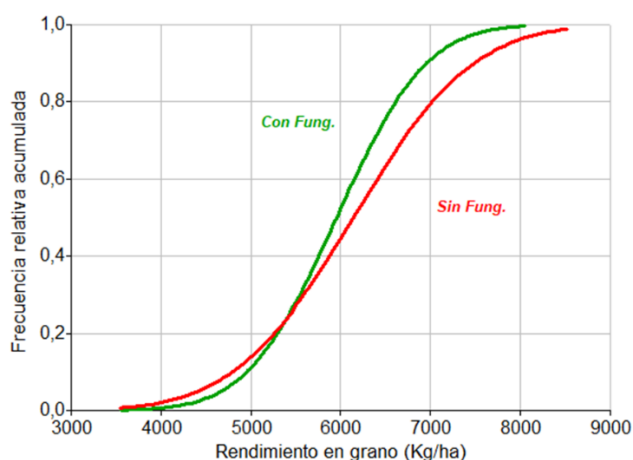


Figura A3.- Distribución de frecuencias de rendimiento con y sin protección total con fungicidas (izquierda) y Rendimiento en grano con y sin fungicidas para los distintos cultivares evaluados, durante el 2022 (Efecto fungicida = no significativo ($p=0.226$); interacción Cultivar x fungicida = no significativo ($p=0.428$) (derecha). Barras indican el desvío estándar. ns – no significativo; * - significativo al 10%; ** - significativo al 5%; *** - significativo al 1%.

Cuadro A4.- Rendimiento en grano para todos lo cultivares, evaluados en el 2022, con y sin fungicidas. Ordenado por rendimiento con protección total.

Cultivar	Testigo enfermo	Protección Total	Diferencia		p-valor
	(Kg ha ⁻¹)		(%)		
Ambev 381	6696	6512	-184	-3	0,625
Mosa 17/1	7188	6412	-776	-11	0,159
Ambev 396	6833	6361	-472	-7	0,439
INIA Pinta	6342	6022	-320	-5	0,278
Mosa 18/225	6330	5964	-366	-6	0,371
INIA Sila	5473	5688	215	4	0,618
Quebracho (T)	5332	5575	243	5	0,352
FNC 6-1 (T)	6215	5562	-653	-11	0,126
Arrayan (T)	4863	5496	633	13	0,452
Promedio	6141	5955	-187	-3	-

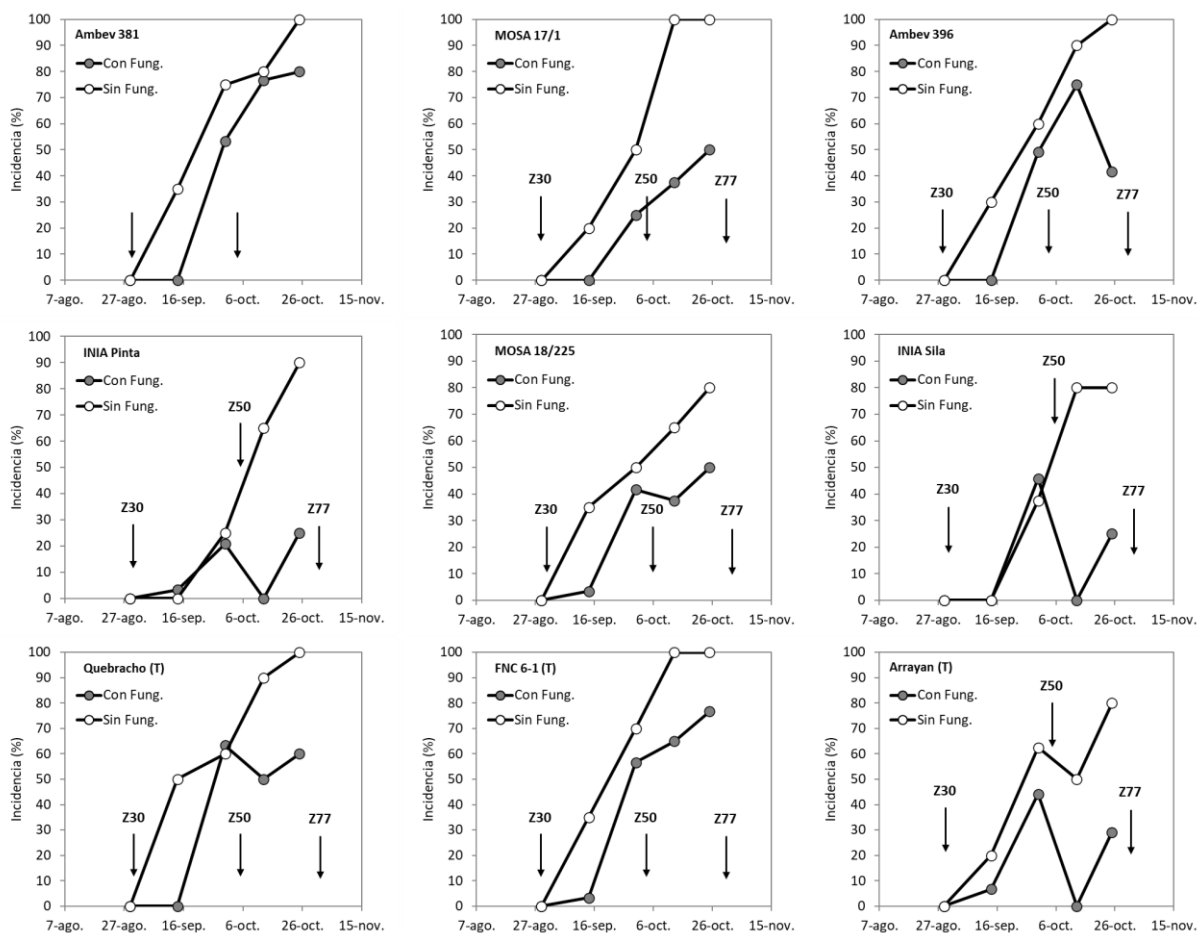


Figura A4.- Evolución de la incidencia de *Drechslera teres* (Mancha en red), con y sin fungicidas para todos los cultivares evaluados durante el año 2022. Flechas indican las fechas de cada fungicida.

Cuadro A5.- Incidencia y severidad para *Ramularia collo-cygni* (Ramularia), con y sin fungicidas para los cultivares evaluados en el 2022.

Cultivar	Z. 34				Z. 50				Z. 75			
	C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.	
	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.	Inc.	Sev.
Ambev 381	37	TR	20	TR	33	TR	25	TR	0	0	0	0
Mosa 17/1	13	TR	0	0	4	TR	0	TR	0	0	0	0
Ambev 396	7	TR	30	TR	17	TR	25	TR	0	0	0	0
INIA Pinta	0	0	5	TR	29	TR	13	TR	0	0	0	0
Mosa 18/225	15	TR	0	0	13	TR	13	TR	0	0	0	0
INIA Sila	12	TR	20	TR	17	TR	13	TR	0	0	0	0
Quebracho (T)	7	TR	0	0	21	TR	25	TR	0	0	0	0
FNC 6-1 (T)	17	TR	0	0	25	TR	13	TR	0	0	0	0
Arrayan (T)	7	TR	10	TR	17	TR	38	TR	0	0	0	0
Promedio	13	TR	9	TR	19	TR	18	TR	0	0	0	0

(TR) trazas.

Nota. El trabajo no habría podido ser desarrollado, sin la colaboración de los funcionarios del campo experimental y de Agricultura de la EEMAC-FAGRO. El análisis de proteína en grano fue realizado por gentileza de MOSA.