

IMPACTO DE LA ELECCIÓN DEL MATERIAL Y NUTRICIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE TRIGO EN NORESTE LA PAMPA

Juan Apollonio¹; Cristian Álvarez²; Matías Saks³; Romina Fernández⁴; Gastón Galetto⁵

¹ Asesor privado; ² AER INTA General Pico; ³ Bunge Argentina S.A; ⁴ EEA INTA Anguil; ⁵ Productor agropecuario

alvarez.cristian@inta.gob.ar

Introducción

El cultivo de trigo en los últimos años ha presentado un notable avance en genética, que vino acompañado por un intensivo uso de tecnología, principalmente asociada a la fertilización nitrogenada y fosforada. No obstante, el Nitrógeno (N) y el Fósforo (P) continúan siendo los principales nutrientes que condicionan la productividad y la eficiencia de uso de recursos por parte del cultivo. La deficiencia de P reduce la eficiencia de uso de N, al afectar la absorción total del nutriente, podría reducir el rendimiento pero también la concentración de proteína en grano (Ferraris et al., 2017). Por otra parte, la detección de carencias de meso y micronutrientes como Azufre (S) o Zinc (Zn) ha cobrado relevancia. Las mejoras en los rendimientos asociadas a estos nutrientes se manifiestan en una amplia región donde el cultivo de trigo cobra vital importancia. El objetivo del trabajo fue evaluar diferentes genotipos y uso de tecnología en el cultivo de trigo y su efecto sobre la productividad y calidad comercial-panadera.

Metodología

La experiencia se desarrolló durante la campaña 2021 en el establecimiento “Santa Luisa” ubicado en la localidad de Bernardo Larroudé (La Pampa) sobre un Hapludol éntico, con soja de primera como antecesor del cultivo de trigo. Los tratamientos evaluados fueron i) diferentes genotipos bajo dos estrategias de fertilización (Tecnología frecuente de productor vs Alta Tecnología). El análisis de suelo pre siembra para la profundidad 0-20 cm arrojó los siguientes contenidos de nutrientes: N-Nitratos= 29,0 kg/ha, Fósforo= Bray 8,7ppm, MO total= 1,4%, pH= 6,46, conductividad= 0,065 mS/cm. El tratamiento “Tecnología productor” se fertilizó con 60 kg N/ ha + 9 kg P/ ha y el tratamiento “Alta Tecnología” se fertilizó con 150 kg N/ ha + 26 kg P/ ha + 15 kg de S/ha + 1,5 kg de Zn/ha. Las fuentes de fertilizantes utilizadas para el tratamiento de Baja tecnología fueron Fosfato Mono amónico + Urea y Microessentials SZ + urea para el tratamiento de alta tecnología respectivamente. La siembra se realizó el 5 junio (ciclos largos) y 3 de julio (ciclos cortos) de 2021. El ensayo presentó un diseño en franja con parcelas divididas con tres repeticiones. Previo a la siembra se realizó un control químico de malezas con 2 l ha⁻¹ de glifosato + 300 cm³ ha⁻¹ de 2,4D. A la siembra del cultivo se determinó el contenido de humedad del suelo por gravimetría hasta los 200 cm de profundidad. Se calculó consumo de agua o uso consuntivo (UC) del cultivo [agua al secado – (agua a la siembra + precipitaciones)] y mediante el cociente entre el rendimiento de grano y el UC se calculó la eficiencia de uso del agua (EUA). Los resultados se analizaron mediante ANOVA y test de diferencias de medias (p<0,05).

Resultados

El ensayo se instaló sobre un suelo con 58% de arena, con presencia de capa de tosca a los 240 cm de profundidad, y con una disponibilidad de agua (0-200 cm) de 155 mm.

En la Tabla 1 se detallan las precipitaciones mensuales durante el desarrollo del estudio y los valores medios históricos de la región (1970-2020), observándose que las precipitaciones desde la siembra hasta octubre resultaron inferiores a las medias históricas registradas, en noviembre y diciembre las mismas fueron 65 y 42 mm superiores en el 2021.

Tabla 1: Precipitaciones mensuales e históricas en mm para el sitio de estudio.

	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitaciones 2021	66	3	0	11	55	99	173	152
Media 1970-2020	39,0	18,5	18,2	28,4	55,3	111,5	107,6	109,9

Productividad, componentes de rendimiento, proteína y eficiencia de uso de agua

La producción de grano varió en función del ciclo y la tecnología utilizada. Al observar el comportamiento entre ciclos, los genotipos de ciclo largo presentaron 617 kg más en promedio a igual uso de tecnología (AT). No obstante, en BT los ciclos cortos mejoraron su comportamiento en 175 kg/ha respecto a los ciclos largos (Tabla 2). En Alta Tecnología el rendimiento varió entre 4346 y 6397 kg/ha, mientras que en Tecnología "productor" los rindes fueron inferiores y variaron entre 3224 y 4916 kg/ha. Las diferencias entre el rendimiento de los genotipos evaluados se presentan en la Tabla 2. Los genotipos que presentaron los mayores rendimientos fueron B750, DM Pehuen, B620, y MS119 en ambas tecnologías.

Tabla 2.0: Efecto de la incorporación de Tecnología sobre el rendimiento de los genotipos de ciclo largo.

Materiales	Tecno-Alta		Tecno-Baja	
	Rendimiento (kg/ha)	Dif. Estadística	Rendimiento (kg/ha)	Dif. Estadística
MS215	4346	A	3224	A
B820	4581	AB	3540	AB
DMAgarrobo	5002	BC	3558	AB
Experimental	5146	BC	3740	AB
DMSauce	5135	BC	4048	BC
MS119	5533	C	4056	BC
B750	5655	CD	4177	BCD
B620	6397	E	4579	CD
DMPehuen	6251	DE	4916	D
Promedio	5338		3982	
DMS		658		758

Letras distintas en sentido vertical, indican diferencia significativa entre genotipos para cada tecnología. NS= no significativo a $p < 0,05$. **Referencias: Macroseed (MS), Don Mario (DM), Experimental (Bio), Nidera Baguette (B).**

Los genotipos cortos que presentaron los mayores rendimientos fueron DM Alerce, MS817 y 415 en ambas tecnologías.

Tabla 2.1: Efecto de la incorporación de Tecnología sobre el rendimiento de los genotipos de ciclo corto.

Materiales	Tecno-Alta		Tecno-Baja	
	Rendimiento (kg/ha)	Dif. Estadística	Rendimiento (kg/ha)	Dif. Estadística
Experimental 2	4621,0	A	3816,2	A
B550	4775,7	A	4115,1	A
DMAudaz	4448,8	A	4170,6	A
MS415	4548,5	A	4193,4	A
MS817	4484,4	A	4256,3	A
DMAlerce	5466,8	B	4391,4	A
Promedio	4724		4157	
DMS		614		992

Letras distintas en sentido vertical, indican diferencia significativa entre genotipos para cada tecnología. NS= no significativo a $p<0,05$.

Referencias: **Macroseed (MS)**, **Don Mario (DM)**, **Experimental (Bioc)**, **Nidera Baguette (B)**.

El peso de mil granos que presentaron los materiales de ciclo largo varió entre 38 a 47 gr en Alta Tecnología y entre 40 y 45 gr en Tecnología productor, respectivamente. Los valores promedio en el peso mil granos, presentaron diferencias significativas entre genotipos.

Tabla 3: Efecto de la incorporación de Tecnología sobre el Peso de Mil granos de los diferentes genotipos ciclo largos.

Materiales	Tecno-Alta		Tecno-Baja	
	Peso de mil (gr)	Dif. Estadística	Peso de mil (gr)	Dif. Estadística
MS215	39,6	A	40,4	AB
B820	44,1	B	44,0	BC
DMAlgarrobo	38,4	A	39,6	A
Experimental	45,2	BC	44,5	C
DMSauce	43,1	B	41,9	ABC
MS119	47,8	C	43,7	BC
B750	44,8	B	43,7	BC
B620	43,7	B	45,3	D
DMPehuen	43,3	B	44,2	BC
Promedio	43		43	
DMS		2,4		3,6

Letras distintas en sentido vertical, indican diferencia significativa entre genotipos. NS= no significativo a $p<0,05$. Referencias: **Macroseed (MS)**, **Don Mario (DM)**, **Experimental (Bioc)**, **Nidera Baguette (B)**.

El peso de mil granos de los materiales de ciclo corto registrado fue entre 40 a 51 gr en Alta Tecnología y entre 37 y 50 gr en Tecnología productor. Los valores promedio en el peso mil granos, presentaron diferencias significativas entre genotipos, con diferencias de 2,3% en los tratamientos de AT.

Tabla 3.1: Efecto de la incorporación de Tecnología sobre el Peso de Mil granos de los diferentes genotipos ciclo cortos.

Materiales	Tecno-Alta		Tecno-Baja	
	Peso de mil (gr)	Dif. Estadística	Peso de mil (gr)	Dif. Estadística
Experimental 2	44,9	B	43,6	C
B550	41,0	A	42,4	BC
DMAudaz	40,4	A	38,8	AB
MS415	39,8	A	37,0	A
MS817	50,5	C	49,8	D
DMAlerce	44,2	B	41,2	BC
Promedio	43		42	
DMS		3,25		3,7

Letras distintas en sentido vertical, indican diferencia significativa entre genotipos. NS= no significativo a $p<0,05$.

Cuando se realizaron los análisis de rendimiento y uso de tecnología de “productor” vs “alta tecnología” a través de gráfico x,y se observó que todos los genotipos evaluados presentaron

respuestas positivas respecto a la “tecnología frecuente de uso “productor” (100%). Las respuestas medias por el uso de tecnología alta presentó un incremento del rendimiento (23%) por sobre el uso de tecnología frecuente de productor. Las mayores respuestas se observaron en B620, B750, DMPehuen, DMAAlgarrobo, MS119 y Experimental (Figura 1)

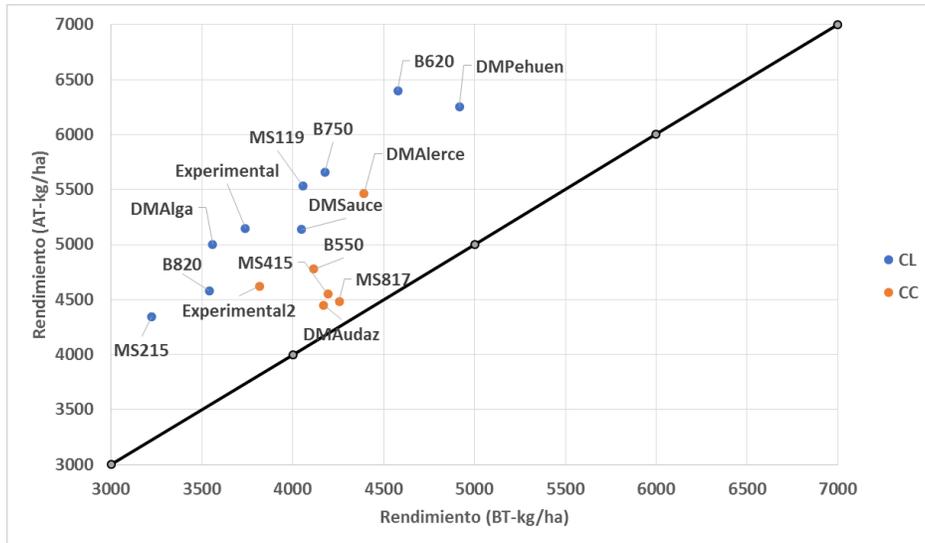


Figura 1. Producción de grano y respuesta a uso de tecnología según genotipo. AT: Alta tecnología y BT: baja tecnología (“productor”) y ciclo largo (CL)-ciclo corto (CC).

En la Figura 2 se puede observar el nivel de proteína en función del genotipo (corto/largo) y cada nivel de tecnología (B y A). Los cambios en el nivel de proteína observados están asociados principalmente al uso de tecnología dado que las pendientes son diferentes, presentando en promedio mayor el nivel de proteína en el tratamiento de Alta tecnología.

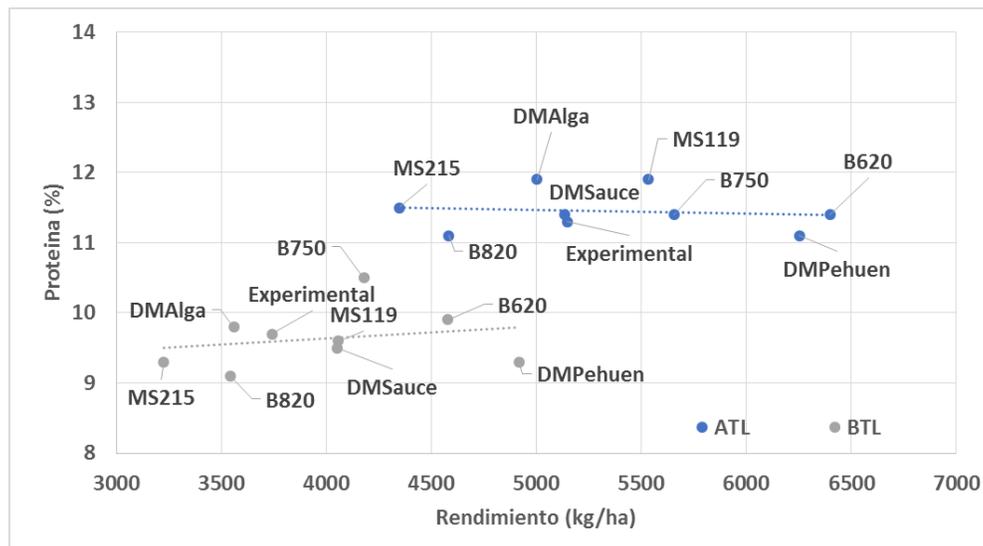


Figura 2. Concentración de proteína (%) y producción de grano (kg/ha) según genotipos ciclo largos y tecnología (AT y BT).

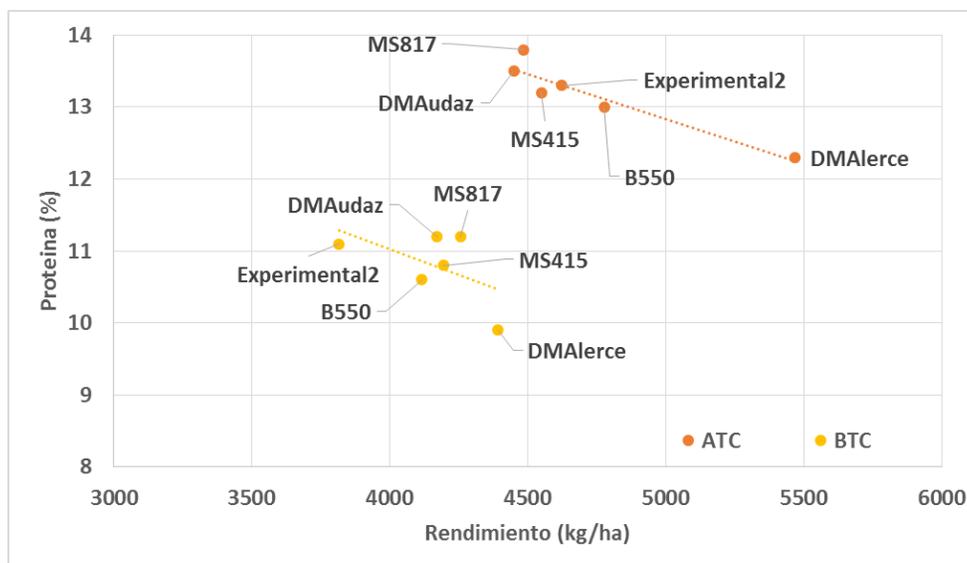


Figura 2.1. Concentración de proteína (%) y producción de grano (kg/ha) según genotipos ciclo cortos y tecnología (AT y BT).

En general y considerando valores promedios, Alta tecnología presentó mayores valores de proteína, y eficiencia en el uso del agua respecto a tratamientos de Baja Tecnología. Los valores promedios observados en el contenido de proteína para Alta y Baja tecnología, respectivamente fueron de 11,4 % y 9,6%; y 13,2 % y 10,8% de proteína para ciclos largo y corto, y tecnología Alta y Baja respectivamente.

Tabla 4: Valores de proteína (%) y Eficiencia en el uso de agua (EUA) en función del genotipo y tecnología (Alta y Baja) evaluados en trigo de ciclo largo.

Material	Proteína (%)		EUA (kg mm ⁻¹ ha ⁻¹)	
	AT	BT	AT	BT
B750	11,4	10,5	12,2	9,0
DMA Algarrobo	11,9	9,8	10,8	7,7
MS119	11,9	9,6	11,9	8,7
MS215	11,5	9,3	9,4	6,9
DMSauce	11,4	9,5	11,1	8,7
B620	11,4	9,9	13,8	9,9
Experimental	11,3	9,7	11,1	8,1
B820	11,1	9,1	9,9	7,6
DMPehuen	11,1	9,3	13,5	10,6
Promedio	11,4	9,6	11,5	8,6

La EUA de agua varió entre genotipos de ciclo largo (11,5 vs 8,6 kg/ha.mm) y corto (10,2 vs 9,0 kg/ha.mm) en alta y baja tecnología respectivamente (Tabla 4 y 4.1). Con un incremento en la EUA de 34% en CL y 14% en CC, generando incrementos significativos asociados al nivel de tecnología (Alta vs Baja), los materiales con mayor EUA dentro de los ciclos largos fueron B620, B750, MS119 y DM Pehuen y en ciclos cortos DM Alerce, B550 y Experimental.

Tabla 4.1: Valores de proteína y EUA, en función del genotipo y tecnología (A y B) evaluados en trigos de ciclo cortos.

Material	AT	BT	AT	BT
	Proteína (%)		EUA (kg mm ⁻¹ ha ⁻¹)	
DMAlerce	12,3	9,9	11,8	9,5
MS817	13,8	11,2	9,7	9,2
DMAudaz	13,5	11,2	9,6	9,0
Experimental 2	13,3	11,1	10,0	8,2
MS415	13,2	10,8	9,8	9,0
B550	13	10,6	10,3	8,9
Promedio	13,2	10,8	10,2	9,0

Conclusiones

La mejora de la fertilización disminuyó el efecto varietal sobre la proteína, asegurando un standard de calidad (>10,5%) en ambos ciclos y genotipos. Los cultivares mostraron cambios en los niveles de partición, priorizando rendimiento o calidad según la variedad considerada (p.e B820 y DM Audaz). El estudio de la interacción cultivar x fertilización resulta agrónomicamente relevante, para elegir una combinación de genética y nivel tecnológico para explorar potenciales de rendimiento. Los parámetros más sensibles que fueron influenciados por la tecnología fueron rendimiento, EUA (+34% en CL y 14% en CC), el contenido de proteína (+ 18% CL y 22 % CC).

FACTORES QUE DETERMINAN LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD PANADERA EN TRIGO ANTE VARIACIONES EN EL NIVEL DE USO DE TECNOLOGÍA

Juan Apollonio¹; Cristian Álvarez²; Matías Saks³; Romina Fernández⁴; Gastón Galetto⁵

¹ Asesor privado; ² AER INTA General Pico; ³ Bunge Argentina S.A; ⁴ EEA INTA Anguil; ⁵ Productor agropecuario

alvarez.cristian@inta.gob.ar

En la calidad de trigo inciden una serie de factores tales como su genética, efectos climáticos o del ambiente (temperatura, déficit hídrico), manejo del cultivo, etc. Toda práctica de manejo que favorezca el desarrollo y crecimiento del cultivo (fecha de siembra óptima, fertilización adecuada, buena condición hídrica, control de enfermedades, malezas e insectos y otros) tendrá una asociación directa con el rendimiento. Sin embargo, la relación no siempre es directa entre rendimiento y calidad.

Factores genéticos:

Las diferencias entre variedades se basan en su distinta composición bioquímica, por lo que se agrupa a las variedades comerciales de acuerdo con su similitud en calidad industrial por grupos de calidad (Tabla 5).

GRUPO 1: trigos de alta calidad panadera, correctores de otros de inferior calidad, indicados para el método de panificación industrial.

GRUPO 2: trigos de muy buena calidad panadera, adecuados para la panificación tradicional, con más de 8 horas de fermentación.

GRUPO 3: trigos de buen rinde pero de mediana a baja calidad panadera, indicados para el método de panificación directa de tiempos de fermentación inferiores a 8 horas.

Factores ambientales:

El clima durante el ciclo del cultivo, pero especialmente en floración y llenado de grano, cumple un rol muy importante en la expresión de la calidad de trigo. Así por ejemplo si en floración persisten días de alta humedad relativa, temperaturas entre 20-25°C favorecerán la presencia de *Fusarium graminearum*, hongo causante de "fusariosis", afectando no sólo la calidad comercial sino también panadera. Por otro lado, temperaturas superiores a los 30 °C y baja humedad relativa durante el llenado de grano, producen modificación en la composición de las proteínas y una reducción en la calidad. Bajo estas condiciones la síntesis de gluteninas se reduce o interrumpe, continuando la síntesis de gliadinas. Como consecuencia el grano maduro tiene una alta relación gliadina/glutenina produciendo un glúten débil y masa extensible, de menor tiempo de desarrollo. Es decir, el estrés térmico modifica la composición de las proteínas sin influenciar en la cantidad. La conjunción de sequía y estrés por altas temperaturas, además de acelerar desarrollo y disminuir rendimiento; también afectará la calidad. Por otro lado, cuando el grano de trigo recibe agua de lluvia previa a la cosecha, la absorbe, se hincha, y al secarse nuevamente no recobra su tamaño original. Esto provoca fracturas internas que disminuyen la densidad del grano, peso hectolítrico, afectando así el rendimiento molinero.

Factores de manejo:

Fertilización: En términos generales, los nutrientes no alteran el desarrollo sino el crecimiento del cultivo. En el caso particular del nitrógeno, influye positivamente en rendimiento, contenido de proteínas y de otros parámetros de calidad comercial e industrial. La acción del nitrógeno sobre el rendimiento va acompañado de una modificación en la composición bioquímica del grano, variando la proporción de almidón y de proteínas que son los constituyentes principales. En la fase de formación del grano la cantidad de nitrógeno crece rápidamente. Las variedades de elevada calidad panadera presentan una rápida acumulación de nitrógeno en las primeras fases de desarrollo del grano, momento en que se forman las proteínas generadoras de gluten. El momento de aplicación del fertilizante nitrogenado es muy importante en la definición de calidad. El nitrógeno aplicado en siembra generalmente no es suficiente como para incrementar rendimiento y proteínas a la vez. Esto

se observa particularmente en los años de altos rendimientos, si la oferta del nitrógeno fue escasa. En situaciones como estas, los porcentajes de proteínas en grano suelen ser bajos, debido a la relación inversa que existe entre rendimiento y proteína, comúnmente llamado "efecto dilución". Es por ello que se recomienda complementar el aporte de nitrógeno realizado a la siembra, con una nueva fertilización nitrogenada en macollaje, para así poder incrementar rendimiento y proteínas. También se puede realizar una aplicación más tardía, cercana a floración. El efecto sobre rendimiento es reducido y actúa sobre el enriquecimiento proteico del grano. Aplicando nitrógeno en este estado (tardío), las sustancias nitrogenadas son acumuladas al final de la maduración y son las formadoras de proteínas solubles (albúminas y globulinas), que tienen una acción secundaria sobre la calidad.

Se pone a consideración para corroborar los estándares que establece el INASE (Tabla 5) en el sitio de trabajo, considerando los parámetros registrado de calidad panadera.

Tabla 5: Estándares de calidad según trigo Argentino.

Parámetros	TDA 1Superior	TDA 2especial	TDA 3estandar
Gluten	>27	>25	>22
Proteína	>11	>10.5	>10
W	340-600	240-340	180-240
P/L	>=1	0.8-1	0.5-0.8

Al evaluar los diferentes parámetros de calidad de trigo en este sitio se pudo observar que el rango de variación de fuerza de la masa (W) varió entre 350 y 92, presentando promedio de 197. Si bien es un componente influenciado por el genotipo (GL), se considera una variable que varió con el sitio y la nutrición. Esta condición posiciona a la mayoría de los materiales evaluados como grado 3.

Los valores relacionados a la tenacidad (P) variaron entre 101 y 57, con promedios de 84. Y los de extensibilidad (L) entre 94 y 30, con promedio de 58. La relación de estos parámetros si bien es negativa con la proteína, muestra que según esta variable la mayoría de los trigos clasificarían como grado 1. En la tabla 5.1 el color indica grupo de calidad en el cual clasifican: rojos (grupo 1), naranjas (Grupo 2) y verde (Grupo 3).

La relación gluten - proteína presentó valor de correlación alto ($r: 0,87$), indicando que en el promedio de los genotipos evaluados se mantuvo la calidad del grupo.

Tabla 5.1: Parámetros de calidad panadera según genotipo y nivel de tecnología aplicado. Para corroborar el grupo de calidad (TDA). A= alta tecnología, B=baja tecnología.

Material	GL	Tecnología	P	L	G	P/L	le	Proteína	Gluten	W	*W	*GL	*Prot	*P/L	TDA
MS817	3	A	89	83	20,2	1,07	50,3	13,8	40,6	232	3	1	1	1	3
MS817	3	B	91	54	16,3	1,69	44,3	11,2	31,4	175	3	1	1	1	3
MS415	3	A	75	70	18,6	1,07	56,1	13,2	37,2	193	3	1	1	1	3
MS415	3	B	70	55	16,5	1,27	52	10,8	29,2	146	3	1	2	1	3
MS215	2	A	101	55	16,5	1,84	56,3	11,5	32,3	221	3	1	1	1	3
MS215	2	B	99	43	14,6	2,3	48,6	9,3	24,6	173	3	2	3	1	3
MS119	3	A	86	62	17,5	1,39	60,3	11,9	33,7	216	3	1	1	1	3
MS119	3	B	75	43	14,6	1,74	51,5	9,6	25,1	134	3	2	3	1	3
Experimental 2		A	99	74	19,1	1,34	60,2	13,3	38	276	2	1	1	1	2
Experimental 2		B	89	55	16,5	1,62	53,7	11,1	30,7	190	3	1	1	1	3
Experimental		A	87	68	18,3	1,28	65,7	11,3	31,1	246	2	1	1	1	2
Experimental		B	88	38	13,7	2,32	0	9,7	25,4	146	3	2	3	1	3
DMSauce	2	A	84	67	18,2	1,25	70,3	11,4	31,8	245	2	1	1	1	2
DMSauce	2	B	72	36	13,3	2	0	9,5	24,6	114	3	2	3	1	3
DMPehuen	2	A	87	57	16,8	1,53	65,7	11,1	30,4	215	3	1	1	1	3
DMPehuen	2	B	70	30	12,2	2,33	0	9,3	24,9	93	3	2	3	1	3
DMAudaz	1	A	95	90	21,1	1,06	70,6	13,5	38,6	350	1	1	1	1	1
DMAudaz	1	B	92	63	17,6	1,46	66	11,2	30,9	246	2	1	1	1	2
DMAlgarrobo	2	A	80	94	21,5	0,85	69,9	11,9	33,3	309	2	1	1	2	2
DMAlgarrobo	2	B	57	49	15,5	1,16	56,4	9,8	25,7	114	3	2	3	1	3
DMAlerce	2	A	95	67	18,2	1,42	67,5	12,3	34,5	269	2	1	1	1	2
DMAlerce	2	B	70	30	12,2	2,33	0	9,9	26,1	92	3	2	3	1	3
B820	3	A	94	50	15,7	1,88	57,7	11,1	30,7	196	3	1	1	1	3
B820	3	B	80	31	12,4	2,58	0	9,1	23,9	108	3	2	3	1	3
B750	2	A	82	67	17,9	1,4	56,2	10,8	33,9	198,0	3	1	2	1	3
B750	2	B	84	32	12,6	2,63	0	11,7	24,5	120	3	2	1	1	3
B750	2	B	81	71,3	18,7	1,2	56,1	10,1	27,3	208,0	3	1	2	1	3
B620	2	A	89	80	19,9	1,11	64	11,4	32,2	279	2	1	1	1	2
B620	2	B	78	48	15,4	1,63	55,9	9,9	26	156	3	2	3	1	3
B550	2	A	88	64	17,8	1,38	55,8	13	39,1	213	3	1	1	1	3

Es importante destacar que el nivel de nutrición afectó la calidad panadera. E.j. DMAudaz, en alta tecnología mantuvo grupo 1 y en baja tecnología fue grupo 2. En el grupo 2, dos materiales como B620 y Algarrobo en alta tecnología mantuvieron la calidad panadera (G2), pero en baja tecnología clasificaron a grupo de calidad 3. Es interesante destacar, que a medida que aumenta la fuerza panadera, se incrementa el valor de gluten.

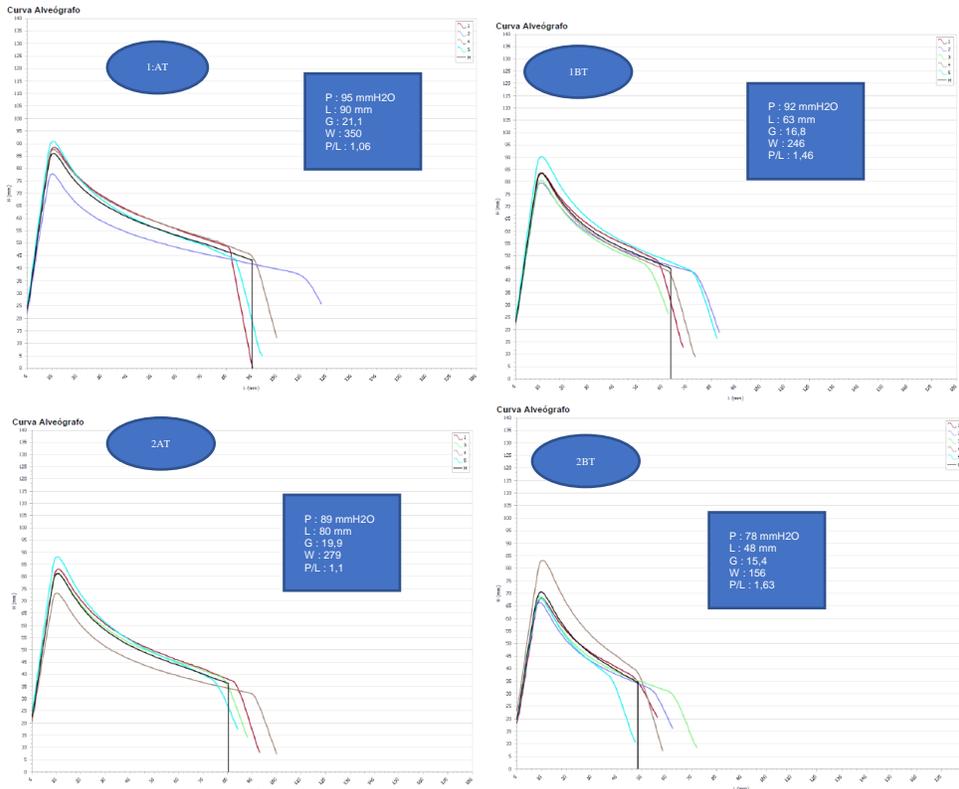


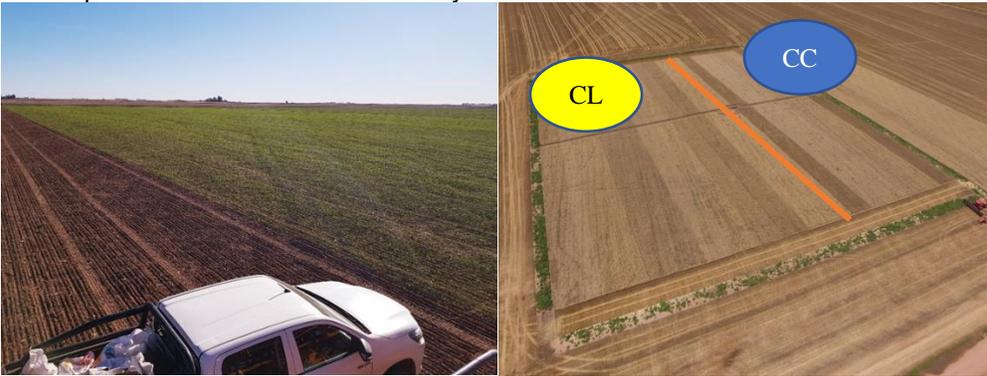
Figura 3: Alveograma representando genotipo de grupo 1 (1-Audaz) y Grupo 2 (2-B620) en Alta tecnología (AT) y baja tecnología (BT).

Conclusiones

De acuerdo a las normas de TDA el 73% de los trigos evaluados clasificó como grupo 3, el 23% grado 2 y el 3% grado 1. Es importante destacar el rol de la nutrición en mantener el grupo de calidad. Esta información de base permite generar nuevas líneas de trabajo que serán abordadas en las próximas campañas.

Anexo fotos:

Fotos que ilustran momentos del ensayo desde la siembra a cosecha.



Ciclo largo (L) y corto (C)

Ing. Juan **Apollonio** (MP: 1067)

Ing. Cristian **Álvarez** (MP: 1079)

Ing. Matias **Saks** (MP: 1038)

Ing. Romina **Fernández** (MP: 752)