
LAS CARACTERISTICAS DE LA SEMILLA ¿INFLUYEN SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO DEL TRIGO CANDEAL?



DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

ALEJANDRO DANIEL ENTELMAN

DOCENTE TUTORA:

DRA. (ING. AGR.) MARTA MIRAVALLÉS

ASESORAS:

MAGISTER EN CS. AGRARIAS. (LIC. CS. BIOLÓGICAS) SANDRA BAIONI

LIC. CS. BIOLÓGICAS MARÍA NÉLIDA FIORETTI

2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
Trigo: Generalidades	4
Trigo candeal en Argentina.....	5
Producción y variedades de trigo candeal en el mercado	7
HIPÓTESIS GENERAL	11
HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	11
OBETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
MATERIAL Y MÉTODOS	12
Determinaciones en gabinete:.....	14
Variables medidas a campo:	16
Determinación del rendimiento y sus componentes:	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
1. Caracterización Agroclimática de la Campaña Agrícola 2018/19 en Cabildo	20
2. Caracterización de la calidad de la semilla utilizada para la siembra	21
3. Comportamiento de seis variedades comerciales de trigo candeal durante la Implantación.....	23
4. Impacto de los atributos físicos de la semilla sobre el rendimiento y sus componentes.....	33
CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFIA	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dosis de siembra calculada (Semilla m²) en función del peso de mil semillas (PMG, g), el poder germinativo (PG, %) y la pureza (P,%) para lograr una densidad objetivo de 250 plantas m⁻² de trigo candeal en Cabildo..... 14

Tabla 2: Valores medios y rangos de variación para el peso de mil semillas (PMS, g), el calibre (>2,75mm, >2,5mm y >2,25mm, %), la vitreosidad (VIT, %) el contenido de proteína (PROT, %) y el poder germinativo (PG, %) de la semilla, de seis variedades de trigo candeal sembradas en Cabildo durante 2018..... 21

Tabla 3: Valores medios y rangos de número de plantas m⁻², materia seca (m⁻² y planta⁻¹), y área foliar (cm²) de seis variedades de trigo candeal evaluadas a los 35 días desde la siembra en Cabildo durante 2018..... 26

Tabla 4: Coeficientes de correlación de Pearson entre las dimensiones (largo y ancho) y el área de la primera hoja, y la producción de materia seca por planta y por unidad de superficie, de seis variedades de trigo candeal cultivadas en Cabildo durante 2018.	27
Tabla 5: Coeficientes de Correlación de Pearson del poder germinativo de la semilla (PG, %), el peso de mil semillas (PMS, g), la proporción de semillas con calibres > 2,75 mm, > 2,5 mm y > 2,25 mm (%) la Vitreosidad, (VIT, %) y el contenido proteico de la semilla (PROT, %), y la eficiencia de implantación, con el número de plantas logradas, las dimensiones y área de la primera hoja y la materia seca por planta y por unidad de superficie en trigo candeal.	28
Tabla 6: Valores medios de componentes del rendimiento de seis variedades de trigo candeal cultivadas en Cabildo durante 2018.	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Evolución del área sembrada (has), la producción (Tn) y el rendimiento (Kg/ha) de trigo candeal en Argentina, en las últimas 5 campañas. Fuente: Elaboración propia con datos del Informe Institucional Trigo, 2019.	7
Figura 2: Zona tradicional de producción del trigo candeal en Argentina.	8
Figura 3: Zona no tradicional de producción del trigo candeal.	8
Figura 4: Variedades de trigo candeal sembradas en el campo, sitio del cultivo.	13
Figura 5: Reproyector para análisis de vitreosidad.	15
Figura 6: Sistema de tamices ensamblados para la determinación del calibre de la semilla.	16
Figura 7: Plántulas de trigo candeal emergidas.	17
Figura 8: Precipitaciones mensuales correspondientes a la campaña 2018 e históricas registradas en el Criadero de Semillas de la Asociación de Cooperativas Argentinas en Cabildo, Pcia. de Buenos Aires.	20
Figura 9: Precipitaciones (mm) trimestrales, semestrales y total, del año 2018 y el valor histórico.	21
Figura 10: Valores medios de peso de mil semillas (g) para 6 variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño de su semilla (grande o pequeña).	22
Figura 11: Valores medios de porcentaje de semillas con alto calibre > 2,75 mm (%) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño de su semilla.	22
Figura 12: Número de plantas logradas por unidad de superficie (pl m ⁻²) y eficiencia de implantación (%) para seis variedades de trigo candeal sembradas en el Criadero ACA en Cabildo durante la campaña 2018.	24
Figura 13: Eficiencia de implantación (%) en función del poder germinativo de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal cultivadas en Cabildo durante 2018.	24
Figura 14: Valores medios de materia seca (MS, g m ⁻²) de seis variedades de trigo candeal en función del número de plantas por unidad de superficie (Plantas m ⁻²).	25
Figura 15: Valores medios de eficiencia de implantación (%), plantas logradas m ⁻² , largo y ancho de la primer hoja (cm), área foliar (cm ²) y materia seca corregida por el N° de plantas (g m ⁻²) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño de su semilla (grande o pequeña).	29

Figura 16: Eficiencia de implantación (%) en función de la vitreosidad de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal sembradas en Cabildo durante 2018.....	31
Figura 17: Eficiencia de implantación (%) en función de la vitreosidad de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño característico de su semilla.	31
Figura 18: Eficiencia de implantación (%) en función del contenido de proteína de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño característico de su semilla.....	33
Figura 19: Valores medios de rendimiento (Kg ha ⁻¹) de seis variedades de trigo candeal sembradas en Cabildo durante 2018.	34
Figura 20: Valores medios de rendimiento (Kg ha ⁻¹) de seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño característico de su semilla.	35
Figura 21: Valores medios de granos m ⁻² y peso de mil granos (g) para seis variedades de trigo candeal agrupadas en función del tamaño de su semilla.	36
Figura 22: Valores medios de altura (cm) para seis variedades de trigo candeal agrupadas en función del tamaño de su semilla.	38
Figura 23: Valores medios de a) plantas m ⁻² , b) espigas planta ⁻¹ , c) espigas m ⁻² , d) espiguillas espiga ⁻¹ , e) granos espiguilla ⁻¹ y f) peso de mil granos para dos grupos de variedades de trigo candeal con semilla grande y pequeña.	39

INTRODUCCIÓN

Trigo: Generalidades

El trigo es uno de los cereales que más se produce en el mundo junto con el maíz y el arroz. Pertenece al género *Triticum* que comprende un considerable número de especies, entre las cuales las más cultivadas son el trigo harinero, conocido también como trigo panadero (*T. aestivum* L. ssp. *aestivum*), y el trigo duro o trigo candeal (*T. turgidum* L. ssp. *durum*), que constituye la materia prima de elección para la obtención de sémolas y elaboración de pastas de calidad (Quaglia, 1988).

El trigo candeal o trigo para fideos ($2n=28$, genomio AABB), es una especie tetraploide, que evolucionó en Medio Oriente vía hibridación interespecífica y duplicación cromosómica, seguida de domesticación. Las especies parentales *T. monococcum* y *Aegilops speltoides*, contribuyeron con los genomios A y B, respectivamente (Bozzini, 1988). Es utilizado principalmente para la elaboración de pasta secas (vermicelli, spaghetti y macaroni) y frescas, particularmente en los países europeos y de América del Norte, mientras que en otras regiones (Medio Oriente y norte de África) es consumido como couscous o burgol. En los países mediterráneos una gran parte de la cosecha es dedicada a la preparación de pan (Quaglia, 1988) y de postres (Seghezzi y Molfese, 1999).

En el mundo se cultivan entre 18 y 19 millones de hectáreas de trigo candeal, y su producción estaría alcanzando los 40 millones de toneladas, volumen que representa aproximadamente el 8% de la producción mundial de trigo (MAGyP, 2019).

En cuanto a las exportaciones de trigo candeal, Canadá es líder indiscutido, con un promedio de 3,5 millones ton/año en las últimas cinco campañas, que representan el 50 % del total de trigo candeal comercializado en el ámbito global (MAGyP, 2019).

Los principales importadores se encuentran en el norte de África destacándose Argelia, Marruecos, Túnez y Libia con el 35% de la demanda. En la Unión Europea el más destacado es Italia, que además es el primer elaborador mundial de pastas sobre la base de trigo candeal; en importancia le siguen España, Bélgica y Alemania, con un 25% del total de las importaciones. En el continente americano los más importantes son USA, Venezuela, México, Perú y Chile con un 20% del total.

El mayor consumo de pasta de trigo lo exhibe Italia, con 26 kg/hab/año de pastas a base de durum. En lo que respecta a América Latina la demanda anual de trigo candeal oscila en las 500.000 toneladas, y presenta una tendencia creciente, principalmente en Venezuela, donde el consumo de pastas per cápita, es el segundo a escala mundial luego del líder Italia, alcanzando los 12,9 kg/año. En la actualidad esta demanda es cubierta por Canadá, que también abastece a otros países del área como Chile y Perú, que exhiben niveles de consumo de pasta comparables o ligeramente superiores a los que se verifican en nuestro país (8,2 kg, 7,5 kg y 7,2 kg, respectivamente) (FAOSTAT, 2015).

Trigo candeal en Argentina

En nuestro país el cultivo de trigo candeal comenzó a producirse a fines de la década del 50, registrándose una producción máxima en la campaña 1969/70 de 760.000 toneladas (419.700 hectáreas) (Acuña *et al.*, 1982).

La producción comienza a decaer luego de que el país alcanzó el tercer puesto como país exportador. Se produjo un importante recambio de variedades por otras de mayor productividad, pero comenzaron a aparecer, por esa misma causa, serios problemas de calidad comercial asociados a menores niveles proteicos en el grano, y con esto se fueron diluyendo algunas de las características de mayor interés industrial, como la fuerza del gluten y la coloración de las sémolas. Dichas variedades manifestaron, además, una mayor susceptibilidad al “golpe blanco” o “fusariosis de la espiga” (Carbajo, 2001).

Este lento pero sostenido retroceso de la superficie de siembra, determinó que a mediados de la década del 80' el trigo candeal alcanzara escasas 20.000 has de siembra. Dicha situación extrema fue la causa de que en los años 1986 y 1990 se debiera importar trigo candeal norteamericano para satisfacer la demanda interna de las industrias semolera y fideera nacional (Carbajo, 2001).

En 1995 se puso en marcha un programa de promoción del cultivo liderado por un amplio sector de la industria fideera nacional, apoyado por la SAGPyA, y canalizado a través de la Chacra Experimental de Barrow y el INTA de Bordenave. Con ello se pudo revertir progresivamente esta situación. Los nuevos cultivares de trigo candeal que se liberaron al mercado una vez consolidadas dichas acciones exhibían buena cantidad y calidad de proteína, elevada vitreosidad y tamaño de grano, y alto contenido de pigmento amarillo, acorde a las exigencias de materia prima planteadas por la industria elaboradora (Molfese y Seghezzo, 1999).

Pese al avance experimentado en los últimos años, la superficie destinada al cultivo de este cereal nunca pudo recuperar los niveles alcanzados en la década del 60' (SAGPyA, 2016), la superficie en las últimas 5 campañas ha variado entre 48.000 y 80.000 has con una producción entre 150.000 y 200.000 tn (Informe Institucional Trigo, 2019) (Figura 1). La media de los rendimientos ha sido de 3100 kg/ha, con fluctuaciones entre campañas entre los 2880 y 3620 kg/ha.

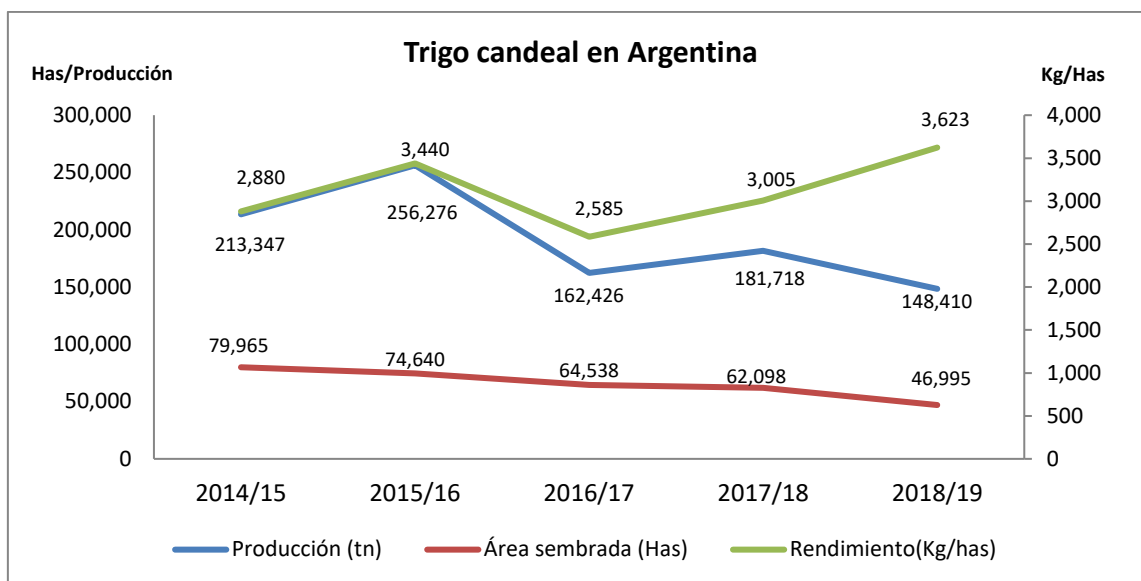


Figura 1 : Evolución del área sembrada (has), la producción (Tn) y el rendimiento (Kg/ha) de trigo candeal en Argentina, en las últimas 5 campañas.
Fuente: Elaboración propia con datos del Informe Institucional Trigo, 2019.

Producción y variedades de trigo candeal en el mercado

El trigo candeal es un cultivo invernal, de ciclo intermedio-corto, que se siembra desde junio a mediados de agosto, y se cosecha en diciembre. Es originario de regiones que poseen un régimen de precipitaciones medias a bajas (500 mm/año o menos), requiere inviernos suaves y húmedos, combinados con veranos secos y soleados, especialmente durante el período de llenado de granos (Jara Podestá, 2011). La mayor producción se obtiene en suelos bien drenados, franco-arcillosos, con al menos 0,5 m de profundidad y no compactados, con pH 6. Además del tipo de suelo y el pH, la fertilización es una práctica muy importante para la producción de trigo candeal. El nitrógeno es a menudo necesario para elevar los rendimientos y la calidad del mismo (Schilling *et al.*, 2003).

En nuestro país el volumen de producción de este cereal es notablemente inferior al de trigo pan, y su cultivo está mucho más localizado; se extiende desde el Sudeste hasta el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Figura 2). Tradicionalmente en dicha provincia podemos distinguir tres zonas, sudeste, centro sur y oeste, que poseen diferentes características agroclimáticas

(Jensen, 2001). Los partidos de Coronel Dorrego y Tres Arroyos (área centrosur) representan la mayor superficie ocupada con este cultivo respecto de las otras zonas (Forján y Manso, 2016). También se registran siembras en las provincias de Tucumán y Salta (subregión triguera NOA), que cubren alrededor de 10.000 ha (MAGyP, 2016).

Figura 3), y en los últimos años se ha ido extendiendo a campos bajo riego en San Luis (Molfese *et al.*, 2017).

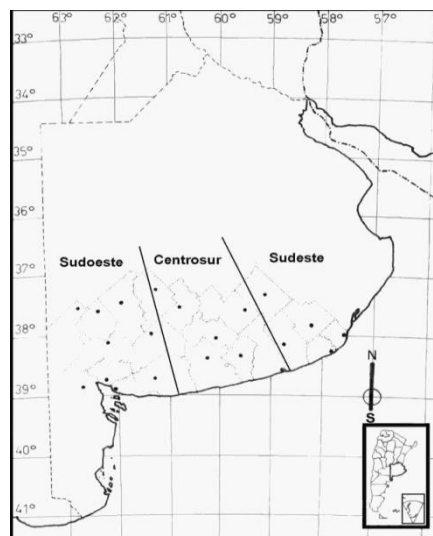


Figura 2: Zona tradicional de producción del trigo candeal en Argentina.



Figura 3: Zona no tradicional de producción del trigo candeal.

La siembra es realizada por los propios molinos en forma directa a través de contratos con productores. Estos acuerdos contemplan la posibilidad de que los interesados en utilizar la producción, puedan inspeccionar el lote y ajustar la calidad final conforme a los requerimientos de la industria semolera y fideera. Aunque existe una norma de comercialización que se aplica a todas las transacciones (Norma Senasa xxii, 1998), las principales industrias relacionadas al trigo candeal diseñan y aplican escalas propias de bonificaciones y rebajas para algunos parámetros de interés (porcentaje de vitreosidad, proteína y gluten).

En la actualidad existen diez cultivares inscriptos, cinco de ellos propiedad del Criadero Buck S.A.: Buck Topacio (1998), Buck Esmeralda (2000), Buck Platino (2004), Buck Granate (2011) y Buck Zafiro (2015), tres obtenidos en la Chacra Experimental Integrada de Barrow, Bonaerense INTA Facón (1998), Bonaerense INTA Cariló (2004), y Bonaerense INTA Quillén (2015), y dos del Criadero de Semillas de la Asociación de Cooperativas Argentinas en Cabildo, ACA 1801 F (2007) y ACA 1901 F (2009).

Si bien las variedades actuales de candeal podrían catalogarse sin excepción como de ciclo vegetativo corto a intermedio, en siembras tempranas principalmente es posible observar notables diferencias en la fecha de espigazón, que permiten clasificarlas de ciclo corto-corto (ACA 1901F, ACA 1801F, B.I. Facón, y B. Esmeralda), corto - intermedio (B. Platino), e intermedio (B. Topacio, B.I. Cariló, B. Granate , B.I. Quillén, B. Zafiro).

Por fuera de las diferencias de ciclo, las variedades disponibles en el mercado presentan diferencias en la morfología y características de sus semillas, algunas de ellas de origen genético (tamaño y peso de mil característicos), y otras vinculadas a la interacción de las variedades con los ambientes de cultivo (contenido proteico y vitreosidad) (Larsen y Storm, 2020; Miravalles, 2017). Dichas características, independientemente de su origen, ejercen un fuerte impacto en el destino de uso del grano, ya sea que éste se utilice para la obtención de sémolas por parte de la industria molinera (Molfese *et al.*, 2017; Miravalles, 2017), o bien como semilla para la siembra en producciones extensivas (Fernández Moroni *et al.*, 2018).

En lo que concierne al destino del grano para semilla, la bibliografía en el tema cuenta con abundante evidencia que destaca la importancia que reviste el tamaño de la semilla sobre la emergencia y el vigor temprano de las plántulas del trigo candeal (Akinci *et al.*, 2008), así como también sobre la producción de biomasa aérea (Aparicio *et al.*, 2002) y el rendimiento de granos (Royo *et al.*, 2006; Akinci *et al.*, 2008). Aparicio *et al.* (2002) en España, observaron notables diferencias en el desarrollo temprano de distintas variedades de trigo *durum*, que fueron atribuidas mayormente a variaciones en el tamaño de la semilla, atributo que impactó tanto sobre la tasa de crecimiento como sobre el área de la primera hoja. Del mismo modo en nuestro país, Maydup *et al.* (2012) para 20 genotipos actuales de trigo pan de similar fecha de siembra, concluyeron que el peso de la semilla mostró una asociación positiva con el vigor y el área de las primeras hojas. Por su parte, Akinci *et al.* (2008), en Turquía, determinaron que la utilización de semilla grande y uniforme resultó en un cultivo más competitivo, y permitió aumentar los rendimientos de trigo *durum* en un 15%.

Cabe señalar, sin embargo, que las ventajas iniciales derivadas del uso de semillas más grandes no siempre se han visto reflejadas en el rendimiento final bajo condiciones de campo. A pesar de que existe un número de estudios que reportan efectos positivos del tamaño de la semilla sobre el rendimiento (Stougaard y Xue, 2004, Royo *et al.*, 2006, Akinci *et al.*, 2008), otros no obtuvieron ventajas de rendimiento a partir de semillas grandes (Bredemeier *et al.*, 2001), observaron efectos leves solo en camas de siembra muy secas (Chastain *et al.*, 1995), o concluyeron que el efecto del tamaño de la semilla sobre el rendimiento de grano depende de las condiciones ambientales (Gan y Stobbe, 1996).

No cabe duda que para que el trigo exprese su potencial genético es necesario lograr una buena implantación. Con el establecimiento de un adecuado número de plantas el desarrollo del área foliar es más rápido, y si no hay factores de crecimiento limitantes (ej. agua y nutrientes), es factible captar antes una cantidad de luz suficiente para llegar a floración con abundante biomasa, lo cual redundará en un mayor rendimiento de granos (García Lamothe, 2011).

No obstante, debido a la capacidad que posee el trigo de compensar con una mayor cantidad de macollos/espigas y/o flores la ocurrencia de fallas en la emergencia que reducen el número de plantas, resulta imprescindible realizar una evaluación precisa del impacto de las características de la semilla sobre la implantación, y de cómo el trigo candeal responde en términos de rendimiento frente a esta situación.

Sobre la base de este marco teórico en el presente trabajo de intensificación se plantearon la siguiente hipótesis y objetivos:

HIPÓTESIS GENERAL

- ❖ Las características intrínsecas de la semilla, tales como el peso, el tamaño, la densidad y el nivel de proteína, afectan la emergencia de plántulas y la producción de materia seca del trigo candeal en la etapa de implantación, y repercuten sobre el rendimiento final de grano mediante la modificación de los componentes que lo integran.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ❖ En el trigo candeal el uso de semilla de tamaño grande y alto peso se traduce en una mejor eficiencia de implantación y mayor rendimiento a campo.
- ❖ Altos niveles de vitreosidad y proteína de la semilla pueden tener efectos variables sobre la emergencia y la implantación del cultivo, así como también sobre el rendimiento de grano.

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Investigar los efectos de las características de la semilla de un grupo de seis variedades actuales de trigo candeal sobre los niveles de implantación a campo y sobre el rendimiento de grano y sus componentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analizar los efectos del tamaño y el peso de la semilla característico de la variedad sobre la eficiencia de implantación y la producción de materia inicial del trigo candeal.
- ❖ Determinar si el nivel proteína de la semilla, y la densidad de la misma medida a través de la vitreosidad, afectan la emergencia del trigo candeal en condiciones de campo.
- ❖ Estudiar el modo en que los niveles de implantación de variedades con semilla de características contrastantes se reflejan en los componentes del rendimiento y en el rendimiento final de grano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en este estudio se realizaron diversas evaluaciones en gabinete, y un ensayo a campo, que se llevó adelante en el 2018 en el Criadero que la Asociación de Cooperativas Argentinas posee en la localidad de Cabildo, Provincia de Buenos Aires (38° 35´ S; 61° 58´O). En el mismo se analizó el comportamiento, desde la emergencia hasta la cosecha, de seis variedades de trigo candeal que se sembraron siguiendo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Las unidades experimentales de 9 m² de superficie, constaban de siete surcos de ancho y seis metros de largo, distanciados a 0,20 m entre sí (Figura 4).

El lote donde se realizó el ensayo se caracterizó por tener un suelo de textura arenoso franco, un pH en superficie entre 5,6 - 7 y una profundidad efectiva de

60 cm. Se encontraba bajo labranza convencional, teniendo como cultivo antecesor avena-vicia. Por tal motivo se realizó en pre-siembra una aplicación de 2,5 L ha⁻¹ de Glifosato + 5 g ha⁻¹ de Metsulfuron, y en pre.emergencia, 1,2 L ha⁻¹ de Flurocloridona. En lo que respecta a la fertilización, en pre-siembra se aplicaron al voleo 100 Kg ha⁻¹ de Urea, y a la siembra, 100 Kg ha⁻¹ de SPS (Superfosfato simple).



Figura 4: Variedades de trigo candeal sembradas en el campo, sitio del cultivo.

La siembra se realizó el 27 de junio de 2018 ajustando la dosis de manera tal de lograr una densidad objetivo de 250 plantas m⁻². Pevio a ello la semilla fue tratada con una mezcla funguicida más insecticida.

En la Tabla 1 se observa el detalle del número de semillas m⁻² y dosis (g m⁻²) sembradas de cada variedad, para lo cual, además de la densidad de plantas objetivo, el peso de mil semillas y el poder germinativo, se consideró un valor medio de pureza del 90% y un coeficiente de logro del 90% conforme la fórmula:

$$\text{Gramos m}^{-2} = \frac{250 \text{ pl m}^{-2} \times \text{peso de mil semillas (g)}}{\text{PG (\%)} \times \text{Pureza (\%)} \times \text{Coef. Logro (\%)}}$$

Tabla 1: Dosis de siembra calculada (Semilla m⁻²) en función del peso de mil semillas (PMG, g), el poder germinativo (PG, %) y la pureza (P,%) para lograr una densidad objetivo de 250 plantas m⁻² de trigo candeal en Cabildo.

Variedad	PMG g	PG %	Pureza %	Dosis Semillas m ⁻²
BON. INTA FACON	39,4	78	90	396
BUCK ESMERALDA	57,0	91	90	339
BON. INTA CARILO	38,3	98	90	315
BUCK GRANATE	54,0	86	90	359
BON. INTA QUILLEN	44,6	85	90	363
BUCK ZAFIRO	52,0	91	90	339

En lo que respecta a las variedades que participaron del ensayo, las mismas cubren un amplio rango de largo de ciclo, desde lo que podría catalogarse como ciclo corto-corto (Buck Esmeralda y B. INTA Facón), hasta intermedio (Buck Zafiro, Buck Granate, B. INTA Quillén, y B. INTA Cariló).

Al macollaje se realizó una pulverización con 0,5 L ha⁻¹ de 2,4 D + 1,2 L ha⁻¹ de Dicamba + 5 gramos ha⁻¹ de Metsulfuron + 0,8 L ha⁻¹ de Axial, y se fertilizó con 50 kg ha⁻¹ de Urea.

Determinaciones en gabinete:

Con anterioridad a la siembra, las semillas de todas las variedades fueron sometidas a una serie de análisis, en los que se determinó:

- Peso de mil semillas (PMS, g): se realizó pesando de forma separada 4 repeticiones de 100 semillas tomadas al azar de cada variedad. Los valores se promediaron y se multiplicaron por 10. Previo a la determinación se removieron de la muestra las semillas rotas y las materias extrañas. Los resultados se expresaron en gramos ($\pm 0,01$ g).

- Vitreosidad (VIT, %): se realizó según Norma XXI SENASA (Resolución ex-SAGyP N° 1075/94), a través de la inspección visual de 100 granos provenientes de una muestra libre de impurezas y de granos partidos. Para ello se utilizó un equipo retroproyector (Figura 5) que cumplió una función similar a la del Diafanoscopio utilizado en el procedimiento descrito en la norma. El mismo se basa en el empleo del traspaso de luz (Sistema VOGEL), que se fundamenta en el hecho de que los rayos luminosos atraviesan las zonas compactas vitrificadas del endosperma, pero no las harinosas. Los resultados se expresaron en por ciento (%).

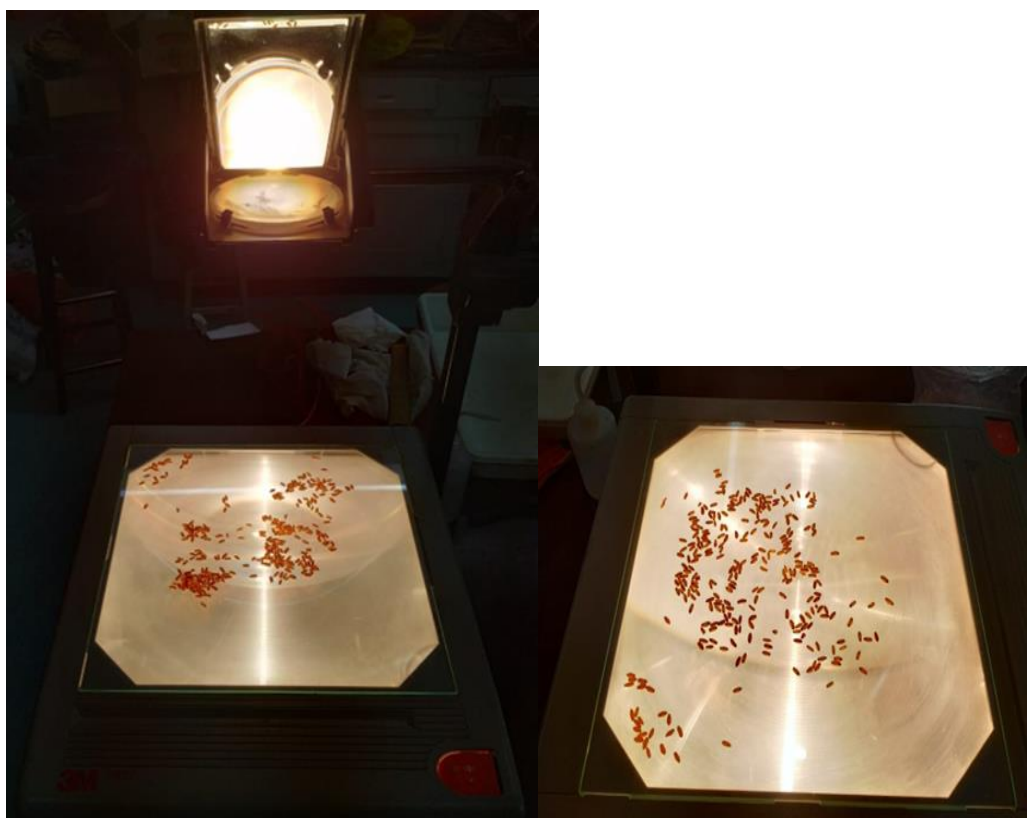


Figura 5: Retroproyector para análisis de vitreosidad.

- Calibre de la semilla (CAL, %): Se determinó sobre una muestra de 100 g que se sometió manualmente, por 20 segundos, a la acción de un sistema de tamices ensamblados (Figura 6) que permitió la obtención de tres fracciones: >2,2 mm, >2,5mm y >2,75 mm. La prueba se realizó por

triplicado y el valor medio retenido por cada tamiz se expresó en porcentaje (>2,2 %, >2,5% y >2,75%).



Figura 6: Sistema de tamices ensamblados para la determinación del calibre de la semilla.

- Proteína (PROT, %): Se calculó sobre 5 gramos de muestra de cada variedad, a partir del contenido de Nitrógeno Total del grano determinado por el método Kjeldahl (ICC N° 105/1), y corregido por el factor 5,7.
- Poder germinativo (PG, %): Los valores fueron proporcionados por el Criadero ACA Cabildo.

Variables medidas a campo:

Una vez emergidas las plántulas se registró:

- Número de plántulas emergidas m^{-2} : se determinó contando el número de plantas emergidas en un metro lineal, en 3 surcos cada parcela. La evaluación se hizo a los 35 días de la siembra, cuando las plantas se

encontraban, en promedio, en el estado Z.1.1 (Zadocks *et al.*, 1974) (Figura 7). Los datos obtenidos se llevaron a m^2 y luego se promediaron.



Figura 7: Plántulas de trigo candeal emergidas.

- Largo (L) y ancho (A) de la 1^{ra} hoja desarrollada (cm): ambas medidas se determinaron sobre 5 plantas tomadas al azar de cada uno de 3 metros lineales de cada parcela. Los resultados se promediaron y se expresaron en centímetros ($\pm 0,01$ cm).
- Área de la 1^{ra} hoja (cm^2): se estimó siguiendo el modelo propuesto por Miralles y Slafer (1991) que utiliza el cociente del largo total y el ancho máximo de la lámina corregido por el factor 0,835

$$\diamond \text{ \u00c1REA FOLIAR} = \text{LARGO} \times \text{ANCHO} \times 0,835$$

- Materia seca a\u00e9rea ($g\ m^{-2}$): se obtuvo extrayendo las plantas presentes en un metro lineal en 3 surcos en cada parcela. Las muestras fueron puestas en bolsas de papel y llevadas a estufa hasta peso constante (72hs a $70^{\circ}C$). Una vez secas, se pesaron en una balanza anal\u00edtica con precisi\u00f3n a la tercera cifra decimal. Los resultados se promediaron y expresaron por m^{-2} .

- Materia seca planta⁻¹: Se calculó a partir de los datos de materia seca aérea y plantas m⁻².

- Fenología:

A lo largo del ciclo del cultivo se monitoreó el momento de ocurrencia de las principales etapas fenológicas (Zadoks *et al.*, 1974):

- Emergencia del coleoptile (Z1,0)
- Inicio de encañazón (Z3.1)
- Espiga embuchada (Z4,5)
- Antesis (Z6,5)
- Madurez (Z 9,0)

Determinación del rendimiento y sus componentes:

Al momento de la cosecha, sobre un metro lineal del surco central de cada parcela se determinó la altura de las plantas y los componentes del rendimiento, evitando que el tramo de surco a cortar estuviera próximo a uno muestreado previamente.

- Altura de la planta (cm): Se determinó con cinta métrica desde la base del tallo hasta la punta de la espiga sobre 10 plantas tomadas al azar. Los valores se promediaron y se expresaron en centímetros.
- Espigas m⁻²: Una vez tomada la altura, se contaron y cortaron las espigas en un metro lineal del surco central de cada parcela. Los datos se refirieron al m².

Una vez en gabinete, se analizaron las 24 muestras, una por bloque y por variedad, para la determinación de los restantes componentes del rendimiento.

- Espiguillas espiga⁻¹: El conteo se realizó sobre 10 espigas tomadas al azar de cada muestra. Luego de ello los valores se promediaron.

Posteriormente, las mismas 10 espigas seleccionadas se trillaron manualmente, y limpiaron. Una vez realizado ésto, se contaron los granos y se calculó:

- Granos espiguilla⁻¹: Se determinó dividiendo el total de granos de cada espiga por el número de espiguillas de la misma.
- Granos m⁻²: Se calculó a partir de los datos de espigas m⁻², espiguillas espiga⁻¹ y granos espiguilla⁻¹
- Peso de mil granos (PMG, g): se determinó sobre 4 repeticiones de 100 granos que luego se promediaron y se multiplicaron por 10.
- Rendimiento (Kg Ha⁻¹): Se estimó a partir de los granos m⁻² y PMG.

Se contó con un registro detallado de datos climáticos de la campaña 2018 que incluyó las precipitaciones mensuales a lo largo del año, temperaturas medias mensuales, frecuencia e intensidad de heladas, etc. Dicha información nos fue proporcionada por los técnicos del Criadero a partir de datos relevados por la estación meteorológica ubicada en el sitio de estudio.

Los datos fueron analizados mediante la prueba de ANOVA, correlaciones y regresiones, para lo cual se utilizó el Software Estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización Agroclimática de la Campaña Agrícola 2018/19 en Cabildo

El ciclo agrícola 2018/19 presentó precipitaciones en el orden de los 655 mm, que ubican a esta campaña levemente por encima de la media histórica de la localidad, que es de 639 mm (Figura 8). No obstante, las lluvias caídas entre julio y diciembre, *i.e* durante el ciclo del cultivo, fueron 100 mm mayores que la histórica (409 vs 305 mm), con registros especialmente abundantes durante el último trimestre del año, momento en el que ocurren etapas claves para la definición del rendimiento del trigo (Figura 9). Ésto, sin dudas, fue una de las principales razones por las que el rendimiento de las variedades alcanzó niveles entre los 8741 kg Ha⁻¹ y los 7327 Kg Ha⁻¹ (promedio de 8200 kg Ha⁻¹).

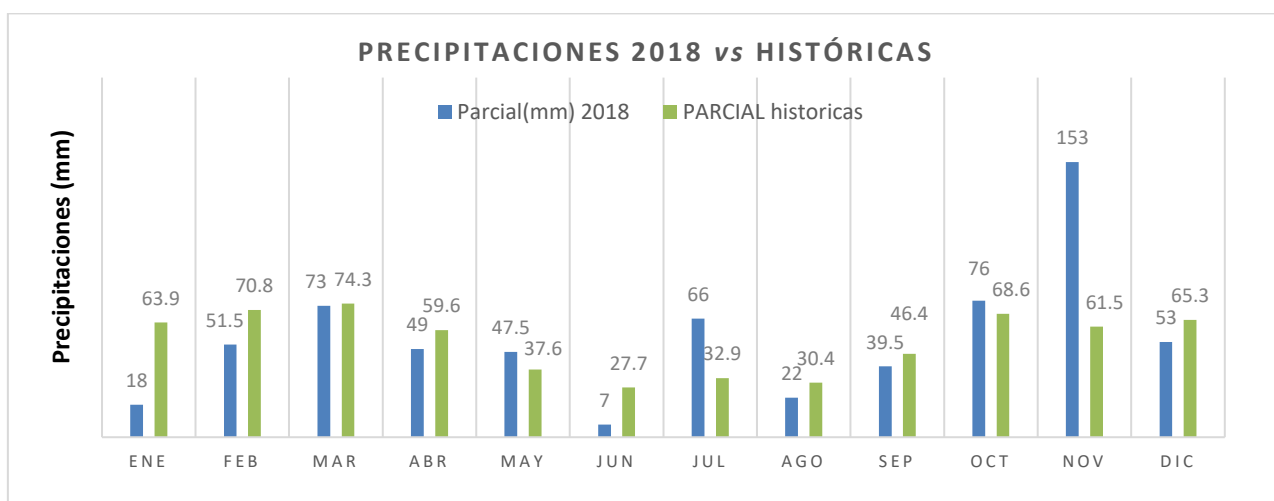


Figura 8: Precipitaciones mensuales correspondientes a la campaña 2018 e históricas registradas en el Criadero de Semillas de la Asociación de Cooperativas Argentinas en Cabildo, Pcia. de Buenos Aires.

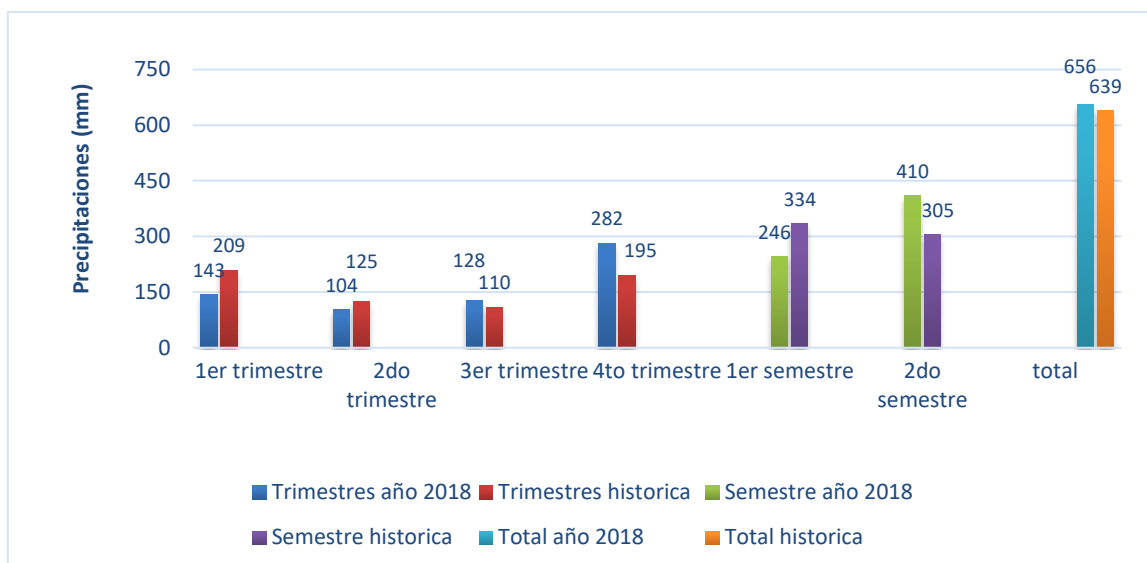


Figura 9: Precipitaciones (mm) trimestrales, semestrales y total, del año 2018 y el valor histórico.

2. Caracterización de la calidad de la semilla utilizada para la siembra

Las semillas de las variedades de trigo candeal evaluadas en este estudio presentaron características muy variables, tanto en lo que respecta a los atributos físicos y químicos, como en lo que concierne a su poder germinativo (Tabla 2)

Tabla 2: Valores medios y rangos de variación para el peso de mil semillas (PMS, g), el calibre (>2,75mm, >2,5mm y >2,25mm, %), la vitreosidad (VIT, %) el contenido de proteína (PROT, %) y el poder germinativo (PG, %) de la semilla, de seis variedades de trigo candeal sembradas en Cabildo durante 2018.

Variedad	PMS (g)	CALIBRE			VIT (%)	PROT (%)	PG (%)
		>2,75mm (%)	>2,5mm (%)	>2,25mm (%)			
Esmeralda	57,7	99,5	3,7	0,6	69	10,8	91
Granate	54,0	87,2	10,7	1,9	70	10,9	86
Zafiro	50,8	87,6	9,2	2,5	69	11,5	91
Quillén	43,0	59,6	26,7	10,0	66	11,1	85
Facón	40,0	44,7	36,6	13,9	83	12,0	78
Cariló	39,5	58,9	25,3	11,0	70	11,2	98
Media	47,5	72,2	18,7	6,6	71	11,2	88
Mín.	39,5	44,7	3,7	0,6	66	10,8	78
Máx.	57,5	99,5	36,6	13,9	83	12,0	98

En lo que hace a los atributos de peso y de calibre de la semilla, los valores de PMS se ubicaron en el rango entre 39,5g y 57,7g, mientras que el porcentaje de semillas con calibre >2,75mm fluctuó entre el 44,7% y 99,5% (Tabla 2). Merece ser destacada la estrecha asociación (positiva) hallada entre ambas variables ($r=0,96$, $P\leq 0,01$), resultado de lo cual se observó que las variedades se diferenciaron en dos grupos bien definidos: en el primero se ubicaron Esmeralda, Granate y Zafiro, con valores de PMS y de porcentaje de semillas de alto calibre (>2,75mm) más altos que los del segundo grupo, integrado por Facón, Cariló y Quillén, que presentó valores de PMS menores a 45g y una proporción de semillas de alto calibre inferior al 60%. En contrapartida, el PMS se mostró negativamente asociado con el porcentaje de semillas retenidas en la zaranda de 2,5mm ($r=-0,94$) y 2,2mm ($r=-0,97$) ($P\leq 0,01$) (Figura 10 y 11).

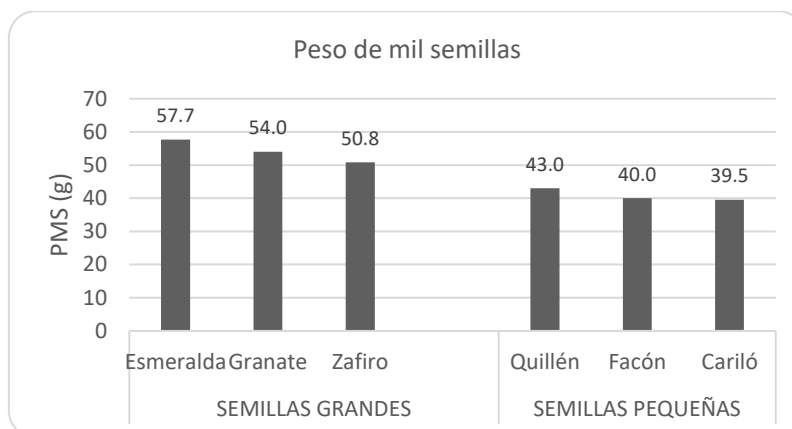


Figura 10: Valores medios de peso de mil semillas (g) para 6 variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño de su semilla (grande o pequeña).

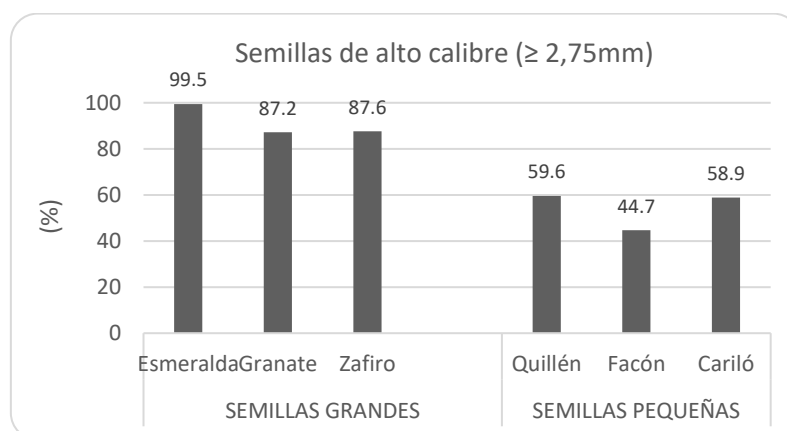


Figura 11: Valores medios de porcentaje de semillas con alto calibre > 2,75 mm (%) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño de su semilla.

Mientras tanto, en lo que respecta a los niveles de vitreosidad y proteína, el rango de valores fluctuó entre el 66% y el 83%, y entre un 10,8% y un 12,0%, con medias del orden del 71% y el 11,2%, para cada una de dichas variables, respectivamente.

En lo que concierne al Poder germinativo (PG) el rango de variación entre variedades fue del 20% (entre el 78 y el 98%), con valores de PG por debajo de la media solo en el caso de las variedades Facón, Quillén y Granate (78%, 85% y 86% respectivamente), mientras que las tres restantes superaron el 90%.

3. Comportamiento de seis variedades comerciales de trigo candeal durante la Implantación.

La fecha promedio de emergencia de las plantas, para el conjunto de las seis variedades estudiadas en este ensayo a campo fue el 14 de julio, es decir, 17 días después de la siembra (DDS).

Debido a la ocurrencia de precipitaciones en el mes de julio en el orden de los 66mm, los niveles de implantación superaron el 75% en cinco de las seis variedades ensayadas, fluctuando entre un mínimo de 60% para la variedad Facón, y un máximo del 95% para Zafiro (Figura 12). Es oportuno destacar que dichos valores guardaron escasa relación con el poder germinativo de la semilla, conforme puede apreciarse en la Figura 13.

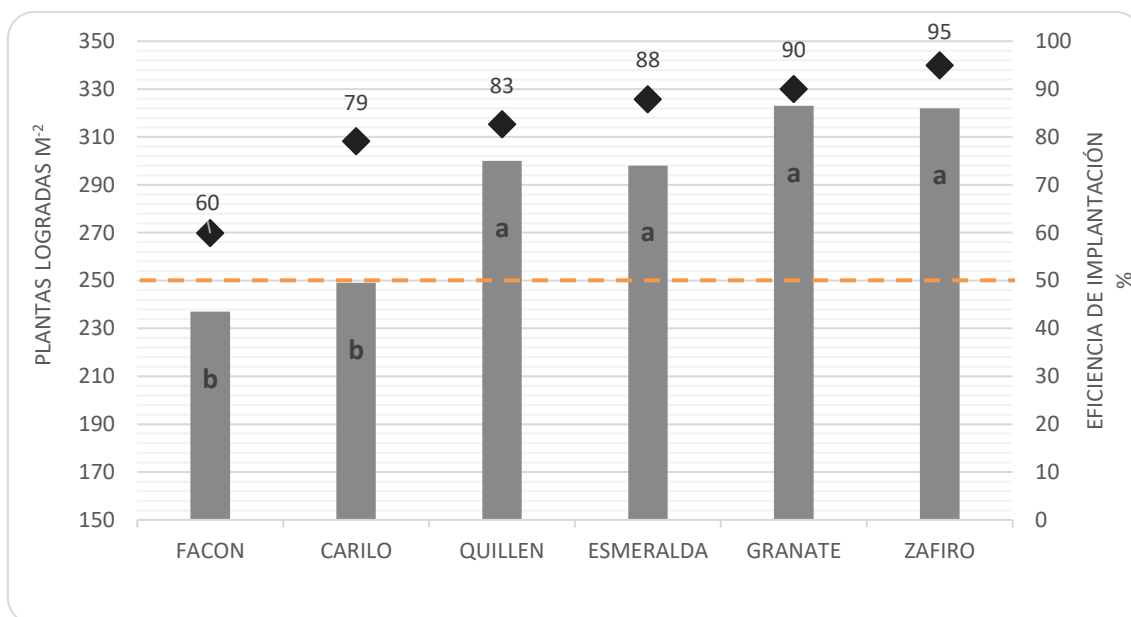


Figura 12: Número de plantas logradas por unidad de superficie (pl m⁻²) y eficiencia de implantación (%) para seis variedades de trigo candeal sembradas en el Criadero ACA en Cabildo durante la campaña 2018.

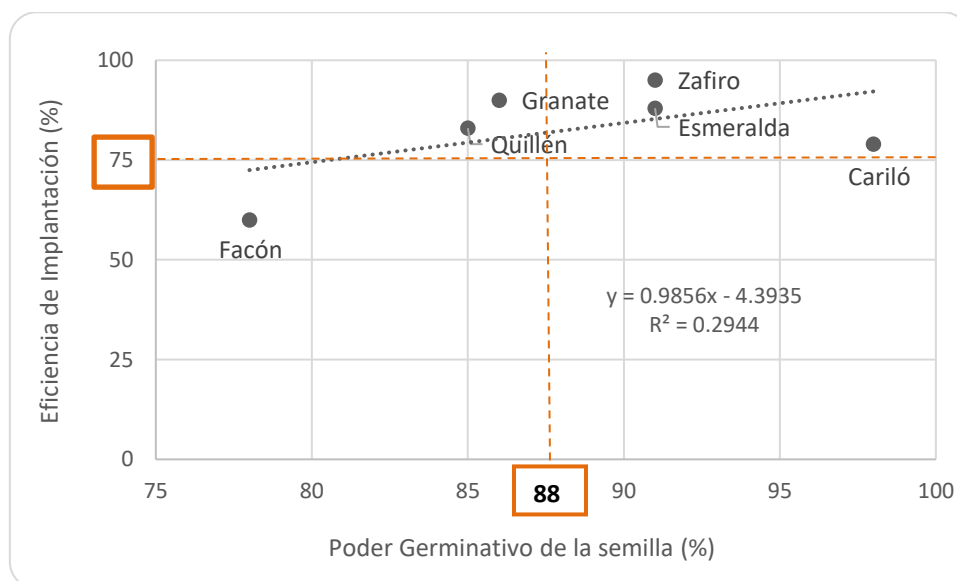


Figura 13: Eficiencia de implantación (%) en función del poder germinativo de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal cultivadas en Cabildo durante 2018.

Exceptuando Facón y Cariló, que promediaron 238 y 248 plantas m⁻², respectivamente, las restantes variedades superaron holgadamente la densidad objetivo de 250 pl m⁻², alcanzando un estand significativamente más alto que las anteriores (entre 298 y las 323 plantas m⁻²) ($F= 4,13; P\leq 0,0087$) (Tabla 3). Es posible que esto último se haya debido a que, en el cálculo de la

dosis de siembra, se consideró un coeficiente de logro a campo más bajo que el real. Cabe aclarar que para alcanzar rendimientos de grano que hagan competitiva la producción de trigo candeal, resulta clave lograr en la implantación un estand de plantas en el rango entre las 250 y las 350 plantas m^{-2} , similar al utilizado en variedades de trigo pan de ciclo equivalente (Jensen y López, 2001). No obstante, dado que la siembra de las variedades se realizó en una fecha relativamente temprana, densidades en el rango entre las 200 y las 250 pl/m^2 pueden considerarse adecuadas (Miravallles, 2001).

El número de plantas m^{-2} explicó un porcentaje preponderante de la variación en los niveles de MS producida por unidad de superficie (Figura 14), a raíz de lo cual Facón y Cariló presentaron valores de MS significativamente más bajos que las restantes variedades. En orden decreciente el ranking de variedades con relación a la producción de MS m^{-2} fue Zafiro = Esmeralda = Granate = Quillén > Cariló = Facón.

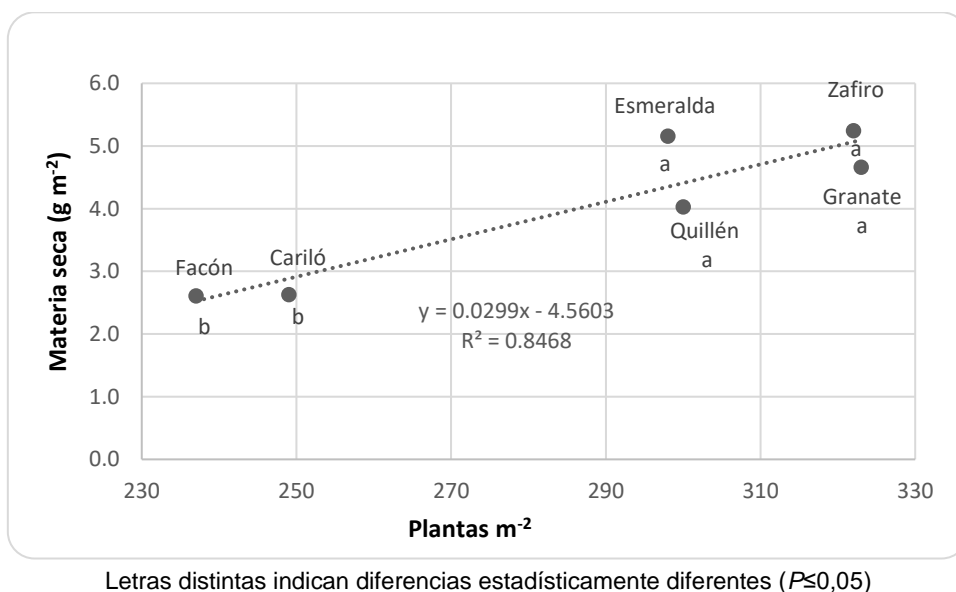


Figura 14: Valores medios de materia seca (MS, $g m^{-2}$) de seis variedades de trigo candeal en función del número de plantas por unidad de superficie (Plantas m^{-2}).

Cuando el ANOVA se repitió utilizando el número de plantas m^{-2} como covariable, se observó que las diferencias de MS entre variedades se modificaron levemente, determinándose una ventaja estadísticamente significativa solo para el caso de Esmeralda y Zafiro (Tabla 3). Estas dos

variedades, no solo tuvieron una emergencia de plantas destacada, sino que, en promedio, presentaron una producción de MS por planta que fue un 17,2% superior a la de Quillén y Granate, y un 35,8% mayor que la de Facón y Cariló (Tabla 3). Las mediciones realizadas en gabinete sobre el material vegetal cosechado a los 35 días de la emergencia confirmaron la existencia de diferencias significativas en el largo, ancho y área de la primera hoja que explican la diferente producción de MS por planta de las variedades (Tabla 3). El análisis de correlación simple de Pearson de la Tabla 4 muestra el grado de asociación de las variables mencionadas con la producción de MS por planta, y por unidad de superficie.

Tabla 3: Valores medios y rangos de número de plantas m⁻², materia seca (m⁻² y planta⁻¹), y área foliar (cm²) de seis variedades de trigo candeal evaluadas a los 35 días desde la siembra en Cabildo durante 2018.

Variedades ^a	Plantas m ⁻²	Materia Seca (g)			Atributos de la primera hoja		
		m ⁻²	m ⁻² Corr.	planta ⁻¹	Largo	Ancho	Área
					cm		cm ²
Granate	323 a	4,7 a	4,2 b	0,014 b	9,87 b	3,23 b	26,6 b
Zafiro	321 a	5,3 a	4,8 a	0,016 a	9,01 c	3,56 a	26,7 b
Quillén	300 a	4,0 a	3,9 b	0,013 b	9,09 b	3,23 b	24,5 c
Esmeralda	298 a	5,1 a	5,0 a	0,017 a	11,02 a	3,30 b	30,3 a
Cariló	249 b	2,7 b	3,2 b	0,011 c	8,80 c	3,00 c	22,1 c
Facón	238 b	2,6 b	3,3 b	0,011 c	9,53 b	2,77 d	21,8 c
Media	288	4,4	4,1	0,014	9,6	3,20	25,4
Min.	238	2,6	3,3	0,011	8,8	2,77	21,8
Max.	323	5,3	5,0	0,017	11,0	3,54	30,3

^a Variedades ordenadas según el número decreciente de plantas m⁻²

*Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (P≤0,05).

Tabla 4: Coeficientes de correlación de Pearson entre las dimensiones (largo y ancho) y el área de la primera hoja, y la producción de materia seca por planta y por unidad de superficie, de seis variedades de trigo candeal cultivadas en Cabildo durante 2018.

	PRIMERA HOJA					
	Plantas m ⁻²	MS g m ⁻²	MS g pl ⁻¹	Largo cm	Ancho cm	Área cm ²
Plantas m ⁻²	-----					
MS m ⁻²	0,92**	----				
MS pl ⁻¹	0,81*	0,97***	-----			
Largo	0,24	0,48	0,61	-----		
Ancho	0,90**	0,90**	0,83*	0,14	----	
Área	0,74	0,92**	0,96***	0,76	0,75	----

*, **, *** Correlaciones Significativas con $P \leq 0,05$, $\leq 0,01$ y $\leq 0,001$, respectivamente

Estos resultados concuerdan con las observaciones de Aparicio *et al* (2002), quienes, para 8 genotipos de trigo *durum*, determinaron amplias diferencias entre variedades en la longitud, el ancho y el área de las cuatro primeras hojas, atributos que impactaron sobre el peso seco de las plantas. En nuestro país, Maydup *et al.* (2012), para 20 genotipos actuales de trigo pan de similar fecha de siembra, también observaron diferencias apreciables en el área de las primeras hojas. Similares resultados han sido reportados por Lafond y Baker (1986) quienes, al igual que los anteriores, vincularon el mayor crecimiento y materia seca de las primeras hojas al tamaño de la semilla de la variedad. Peterson *et al.* (1989) también reportaron una relación positiva entre el tamaño de la semilla y el crecimiento de las dos primeras hojas, y sugirieron que, con posterioridad, esta relación ejerce una influencia significativa sobre el crecimiento de las hojas subsecuentes.

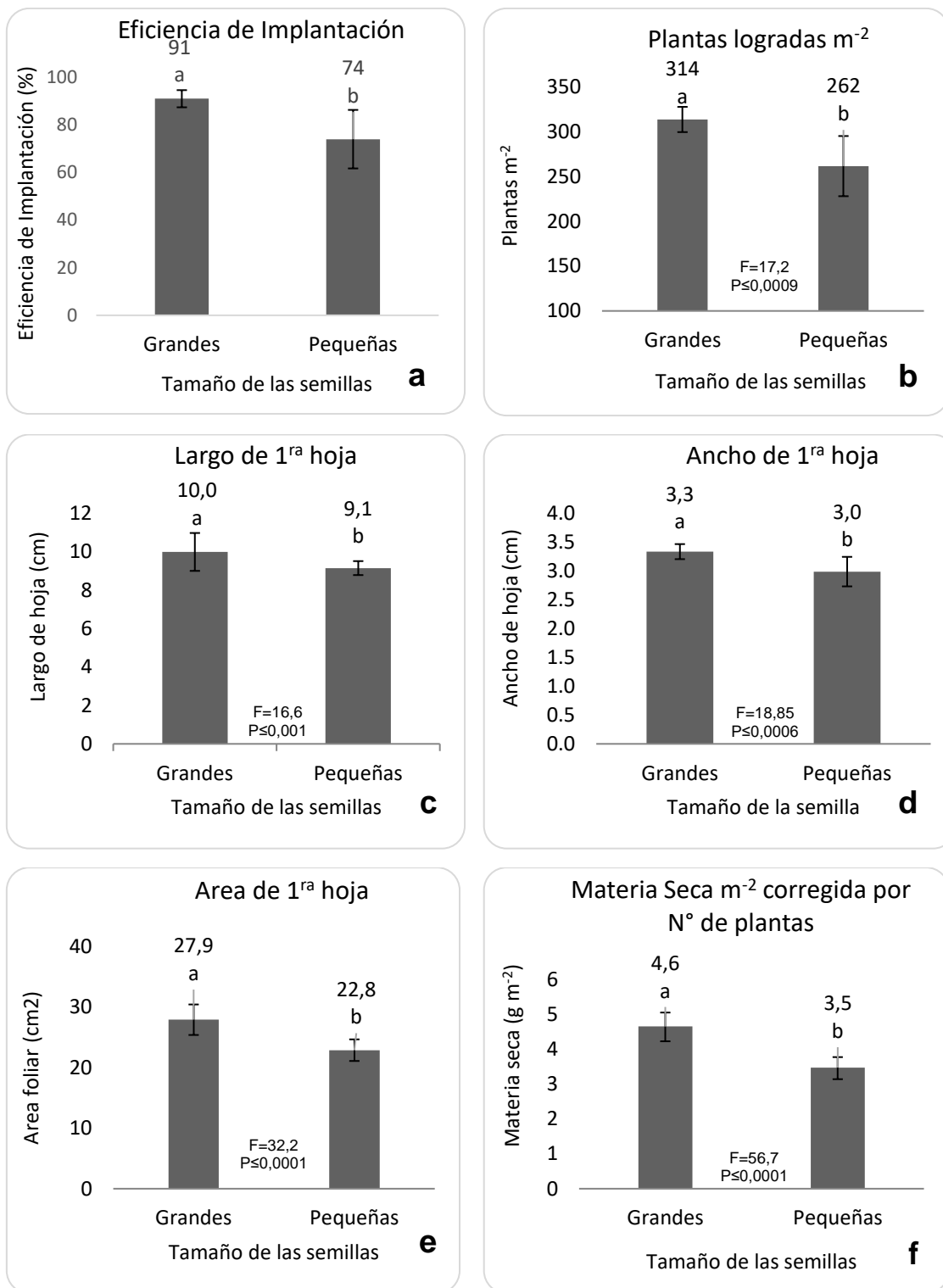
Con relación a esto último, un análisis de correlación simple de Pearson realizado sobre las medias de las seis variedades analizadas confirmó que el peso de mil semillas y el calibre de éstas, exhibieron correlaciones entre medianas y altas (positivas o negativas), no solo con las dimensiones (largo y ancho), y el área de la primera hoja, sino también con los niveles de implantación y la cantidad de plantas logradas de cada variedad. Como consecuencia de esto último, también se observaron correlaciones fuertes del el PMS y el calibre con la producción de materia seca, por planta y por unidad de superficie (Tabla 5).

Tabla 5: Coeficientes de Correlación de Pearson del poder germinativo de la semilla (PG, %), el peso de mil semillas (PMS, g), la proporción de semillas con calibres > 2,75 mm, > 2,5 mm y > 2,25 mm (%) la Vitreosidad, (VIT, %) y el contenido proteico de la semilla (PROT, %), y la eficiencia de implantación, con el número de plantas logradas, las dimensiones y área de la primera hoja y la materia seca por planta y por unidad de superficie en trigo candeal.

VARIABLES	PG %	PMS g	CALIBRE			VIT %	PROT %
			>2,8 mm	>2,5 mm	>2,2 mm		
Efic.Implantación (%)	0,54	0,72	0,86*	-0,87*	-0,85*	-0,85*	-0,75
Plantas m ⁻²	0,10	0,77	0,81*	-0,78	-0,84*	-0,68	-0,62
Largo 1 ^{ra} hoja (mm)	-0,13	0,76	0,58	-0,56	-0,58	0,02	-0,43
Ancho 1 ^{ra} hoja (mm)	0,44	0,69	0,83*	-0,83*	-0,82*	-0,82*	-0,65
Área 1 ^{ra} hoja (mm ²)	0,20	0,96**	0,93**	-0,92**	-0,93**	-0,51	-0,70
MS _P (g planta ⁻¹)	0,15	0,92**	0,91**	-0,90**	-0,91**	-0,50	-0,56
MS _S (g m ⁻²)	0,15	0,90**	0,92**	-0,90**	-0,93**	-0,59	-0,60

*, **, *** Correlaciones Significativas con $P \leq 0,05$, $\leq 0,01$ y $\leq 0,001$, respectivamente

Estos resultados permiten explicar los mayores niveles de implantación y de producción de MS observados para las variedades de alto PMS y elevada proporción de semillas con calibre > 2,75 mm (Esmeralda, Granate y Zafiro), respecto del resto (Facón, Cariló y Quillén), así como también la menor producción de materia seca de la variedad Quillén respecto de Esmeralda, pese a haber presentado un stand de plantas comparable. En la Figura 15 se muestran las comparaciones entre las medias correspondientes a las variedades de “semilla grande” (PMS > 50 g y proporción de semillas de calibre > 2,75 mm mayor al 80%) y “semilla chica” (PMS < 45 g y proporción de semillas de calibre > 2,75 mm menor al 60%).



*Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

Figura 15: Valores medios de eficiencia de implantación (%), plantas logradas m⁻², largo y ancho de la primer hoja (cm), área foliar (cm²) y materia seca corregida por el N° de plantas (g m⁻²) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño de su semilla (grande o pequeña).

En coincidencia con los resultados de este estudio, Royo *et al.* (2006) en España, determinaron que las variedades de semilla pequeña produjeron un estand de plantas un 12% menor, y que el crecimiento de las plántulas, medido a través del largo, ancho, área y peso de las hojas se reducía significativamente con el uso de semilla de tamaño medio y pequeño. Del mismo modo Rivas (2020), en un ensayo realizado bajo condiciones semi controladas en el invernáculo del Dpto Agronomía de la UNS determinó que a los 34 días de la siembra la variedad de “grano grande”, Esmeralda, presentaba una segunda hoja significativamente más larga que la variedad de “grano pequeño”, Facón, a lo que se sumó un estado de desarrollo más avanzado y una producción de MS por planta un 17,5% mayor. Del mismo modo Zareian *et al.* (2014), coincidieron en que el tamaño de la semilla es un importante indicador físico de la calidad de la semilla, que afecta el crecimiento vegetativo de las plántulas. Por su parte, Akinci *et al.* (2008), en Turquía, determinaron que la utilización de semilla grande y uniforme resultó en un cultivo más competitivo. Esta mejora fue atribuida a un incremento de la tasa de germinación y emergencia, y también a una mayor precocidad, que se tradujo en una ventaja adaptativa para enfrentar las altas temperaturas y la sequía de fin de ciclo.

En lo que concierne a los otros atributos medidos sobre la semilla, se determinó que sus efectos sobre los niveles de implantación fueron de menor magnitud que los descriptos para el calibre y el PMS. En lo que hace a la vitreosidad, se observó un efecto negativo sobre dicha variable (Figura 16), que se hizo muy evidente en el caso de Facón, que presentó la semilla más vítrea y la menor eficiencia de implantación, incluso entre las variedades de semilla más pequeña (Figura 17). Conforme se ha puntualizado en la bibliografía, una estructura muy densa y compacta del endosperma, rasgo habitual en las semillas vítreas, puede afectar la imbibición y retrasar la germinación, mientras que, por el contrario, una estructura de endosperma más laxa, asociada a niveles de proteína medios a bajos, aumenta la velocidad de absorción de agua y favorece una más rápida germinación (Wen *et al.*, 2017). Butcher y Stenvert (1973) y Stenvert y Kingswood (1976) en trigo, y Chapman *et al.* (1978), en cebada, también observaron importantes diferencias en la tasa de absorción de

agua entre variedades, que fueron atribuidas a la textura de la semilla (harinosa o vítrea).

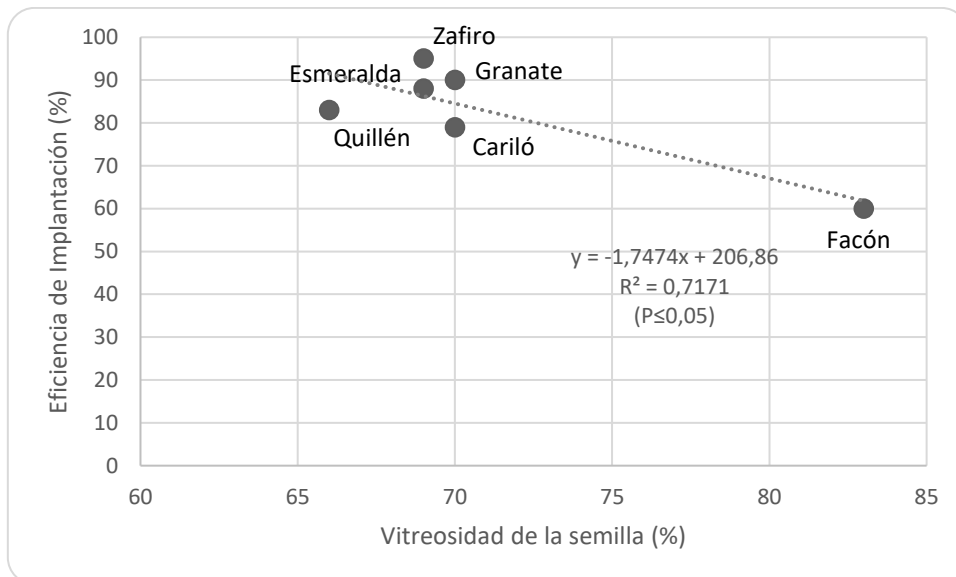


Figura 16: Eficiencia de implantación (%) en función de la vitreosidad de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal sembradas en Cabildo durante 2018.

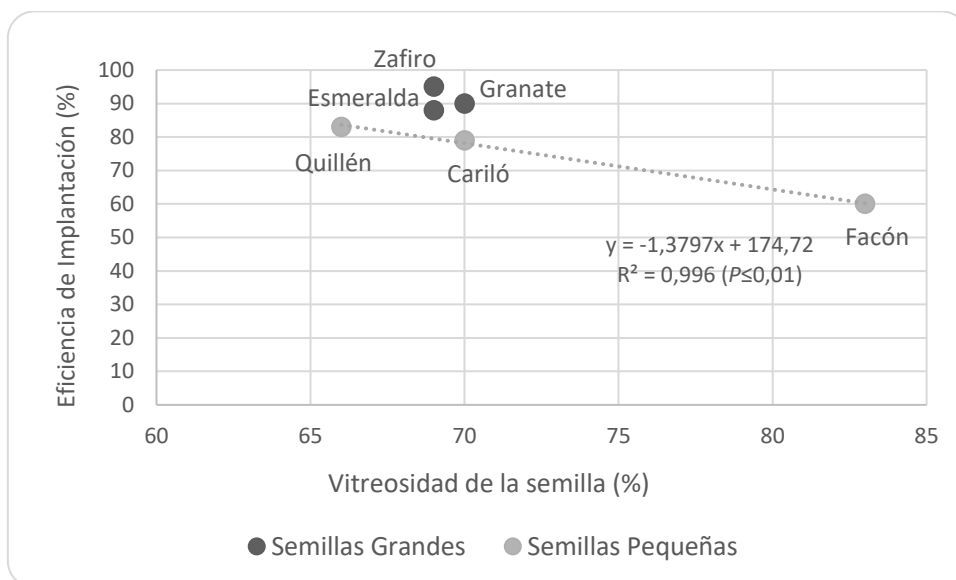


Figura 17: Eficiencia de implantación (%) en función de la vitreosidad de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño característico de su semilla.

En lo que concierne al contenido de proteína de la semilla, se observó que sus efectos sobre los niveles de implantación variaron dependiendo del tamaño de semilla característico de la variedad. Así, entre las variedades de semilla grande conforme aumentó el contenido de proteína de la semilla, se registró un leve pero significativo incremento en los niveles de implantación (Figura 18), que pudo deberse a un aumento en los niveles de absorción de agua derivados del mayor contenido de radicales hidrofílicos de la proteína (Brancaion *et al.*, 2008). Al respecto, López (1971) determinó que las tasas de absorción de agua de semillas de trigo y cebada cultivados en suelos deficientes en nitrógeno, aumentaron como consecuencia de los mayores niveles de proteína alcanzados mediante el agregado de cantidades crecientes de fertilizante nitrogenado. Según este estudio, la mayor velocidad de absorción de agua derivó en una más rápida velocidad de germinación y tamaño de planta, haciendo énfasis en que los efectos beneficiosos del contenido de proteína de la semilla serían más evidentes bajo condiciones de estrés hídrico.

Mientras tanto, entre las variedades de semilla pequeña se observó un efecto opuesto sobre la eficiencia de implantación (Figura 18), vinculado a un incremento de la vitreosidad de la semilla, y quizás, como consecuencia de ello, a una disminución de la velocidad de absorción de agua durante la imbibición.

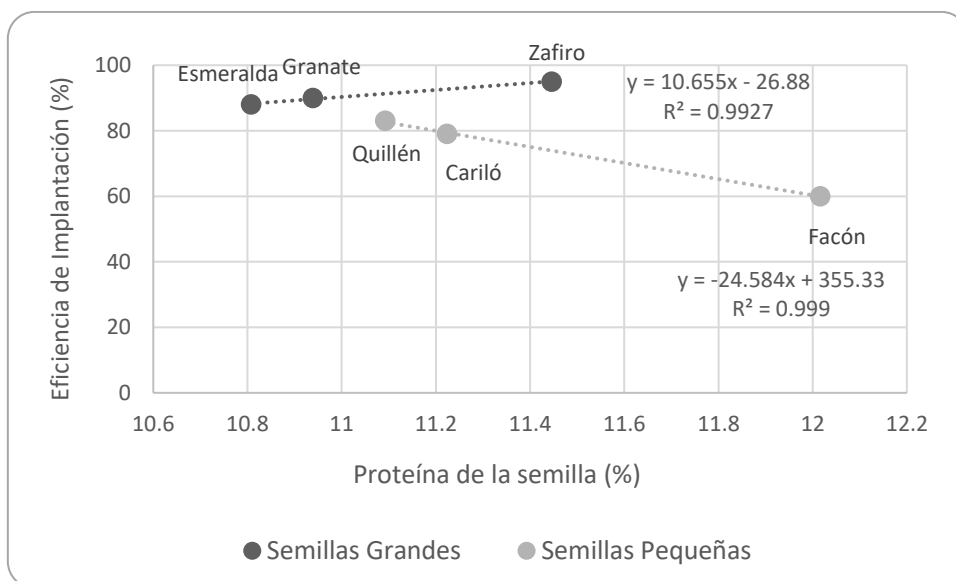


Figura 18: Eficiencia de implantación (%) en función del contenido de proteína de la semilla (%) para seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño característico de su semilla.

4. Impacto de los atributos físicos de la semilla sobre el rendimiento y sus componentes.

Debido a las excelentes condiciones climáticas y la buena distribución de lluvias que prevalecieron durante el ciclo agrícola 2018, el rendimiento promedio de grano del ensayo alcanzó los 8200 Kg Ha⁻¹, con un máximo de 8741 Kg Ha⁻¹ para la variedad Quillén y un mínimo de 7327 Kg Ha⁻¹ para Granate (Figura 19).

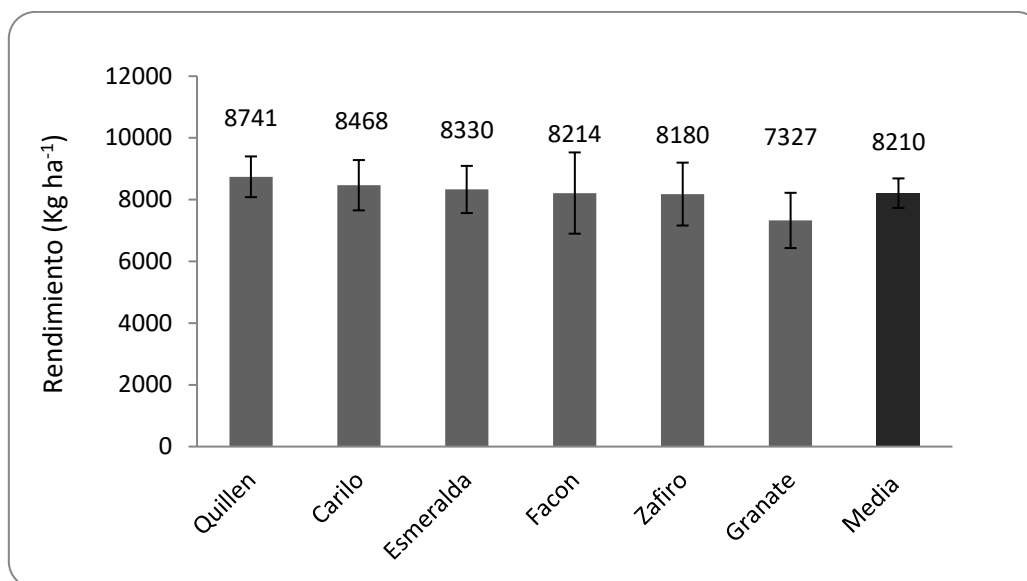


Figura 19: Valores medios de rendimiento (Kg ha⁻¹) de seis variedades de trigo candeal sembradas en Cabildo durante 2018.

A pesar de las notables diferencias observadas entre variedades en la eficiencia de implantación y el número de plantas logradas a campo (ver Tabla 3 en pág. 26), la prueba de ANOVA no halló diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de grano. Estos resultados se hallan en sintonía con lo reportado por García Lamothe (2011), quien puntualizó que en el cultivo de trigo el macollaje y la compensación entre componentes estabilizan el rendimiento de grano, logrando compensar una mala implantación.

Cabe señalar que tampoco se observaron diferencias de rendimiento cuando las variedades se agruparon en función del tamaño de la semilla (Figura 20), en coincidencia con los resultados reportados por Bredemeier *et al.* (2001) quienes concluyeron que las ventajas observadas en el crecimiento inicial de las plántulas, y que derivan del uso de semilla grande, no siempre se ven reflejadas en el rendimiento final en condiciones de campo. Estas observaciones contrastan con las de Akinci *et al.* (2008) y Royo *et al.* (2006) en trigo *durum* quienes midieron incrementos de rendimiento a favor de las variedades de semilla grande del orden del 16% y 15%, respectivamente. Otros estudios han reportado efectos leves solo en camas de siembra muy secas (Chastain *et al.*, 1995) o bien han concluido que los efectos del tamaño de la

semilla sobre el rendimiento dependen de las condiciones ambientales (Gan y Stobbe, 1996).

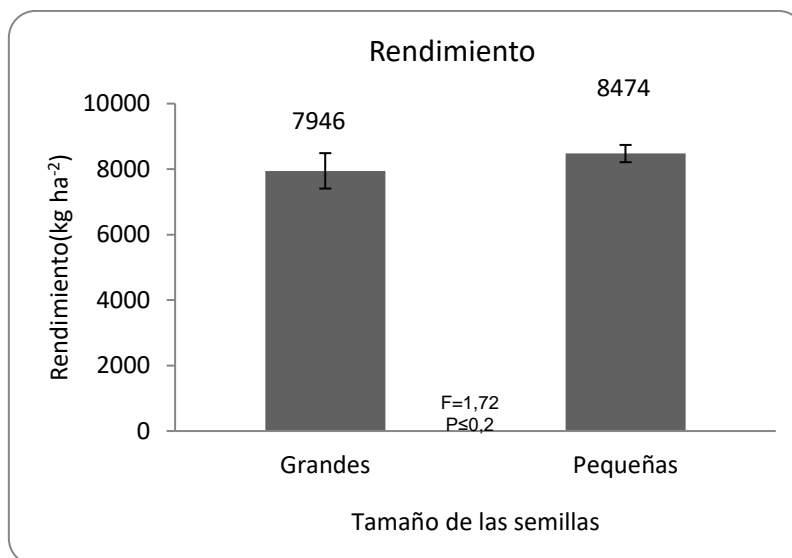
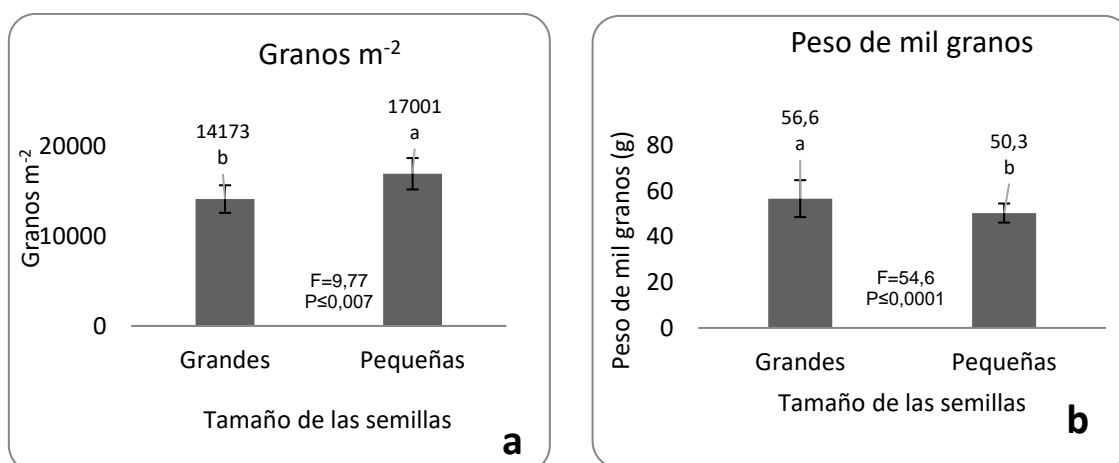


Figura 20: Valores medios de rendimiento (Kg ha⁻¹) de seis variedades de trigo candeal agrupadas según el tamaño característico de su semilla.

No obstante la similitud en los niveles medios de rendimiento de ambos grupos, se determinó que las variedades de semilla pequeña “construyeron” dicho rendimiento con un número significativamente mayor de granos por unidad de superficie que las variedades de semilla más grande, y exhibieron, en compensación, una biomasa de grano significativamente menor (Figuras 21 a y b)



*Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Figura 21: Valores medios de granos m^{-2} y peso de mil granos (g) para seis variedades de trigo candeal agrupadas en función del tamaño de su semilla.

Del análisis pormenorizado de los componentes del rendimiento se desprende que las variedades que tuvieron menor eficiencia de implantación (Facón y Cariló), compensaron el menor stand de plantas produciendo un número significativamente más alto de espigas por planta que las restantes (1,6 vs 1,1). Ello determinó que el número final de espigas por unidad de superficie al momento de la cosecha difiriera escasamente entre las variedades (entre 358 y 399 espigas m^{-2}) (Tabla 6). Al respecto Miralles *et al.* (2014) señaló que el número de espigas m^{-2} logrado para diferentes densidades suele no verse modificado debido a la compensación entre la cantidad de macollos establecidos $planta^{-1}$ y el número de plantas m^{-2} .

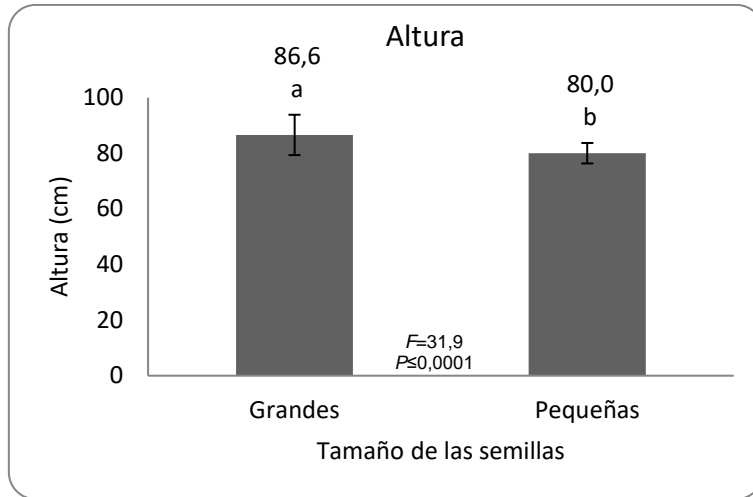
Tabla 6: Valores medios de componentes del rendimiento de seis variedades de trigo candeal cultivadas en Cabildo durante 2018.

Variedades	Plantas m^{-2}	Espigas $planta^{-1}$	Espigas m^{-2}	Espiguillas $espiga^{-1}$	Granos $espiguilla^{-1}$	Peso $grano^{-1}$
Granate	323 a	1,1 b	363 a	17,6 a	2,23 b	0,052 b
Zafiro	321 a	1,2 b	376 a	16,6 a	2,53 a	0,052 b
Quillén	300 a	1,3 b	399 a	17,4 a	2,65 a	0,047 c
Esmeralda	298 a	1,2 b	358 a	16,3 a	2,18 b	0,065 a
Cariló	249 b	1,6 a	389 a	17,3 a	2,60 a	0,048 c
Facón	238 b	1,6 a	370 a	16,1 a	2,53 a	0,054 b
Promedio	288	1,3	376	16,9	2,45	0,053
PCALT	49	0,39	62,5	1,56	0,27	0,0032

* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

Cuando las variedades se agruparon en función del tamaño de su semilla, se observó que las de semilla más grande, que presentaron estands de plantas a campo más altos, produjeron, en promedio, un número significativamente menor de espigas por planta que el grupo de variedades de semilla pequeña, que a campo tuvieron una eficiencia de implantación significativamente menor. Puri y Qualset (1978) y Royo *et al.* (2006) también observaron que con semillas más grandes se obtenían mayores estands de plantas y menor cantidad de espigas por planta que con semillas más pequeñas. En sintonía con esto último, la prueba de ANOVA no halló diferencias entre ambos grupos de variedades en el número de espigas por unidad de superficie, ni tampoco en el de espiguillas espiga⁻¹. En cambio, los dos componentes restantes, granos espiguilla⁻¹ y peso de los granos, variaron significativamente entre variedades (Tabla 6), y también cuando las mismas se agruparon según el tamaño de la semilla. En lo que respecta al número de granos espiguilla⁻¹, se observó que este componente presentó una relación inversa con el peso mil de la semilla ($r = -0,85$), y con el porcentaje de semilla con calibre $\geq 2,75\text{mm}$ ($r = -0,89$) ($P \leq 0,05$), lo que pudo deberse a una compensación por el mayor número de espigas por planta asociada al menor número de plantas implantadas a partir de semillas más pequeñas.

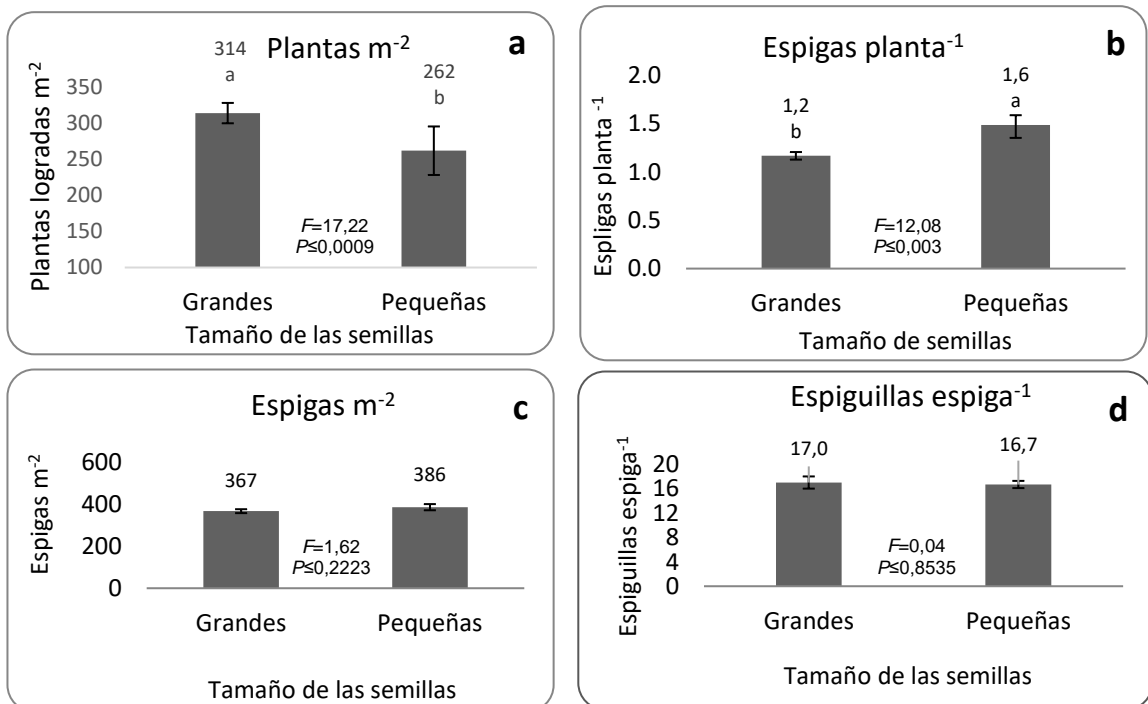
El número de granos espiguilla⁻¹ presentó, además, una asociación inversa con la altura media de las variedades ($r = -0,80$, $P \leq 0,05$), que resultó significativamente mayor entre variedades de semilla más grande (86,6 vs 80,0 cm; $F = 31,9$, $P \leq 0,0001$) (Figura 22). Estas observaciones concuerdan con lo reportado por Zapata *et al.* (2002) quienes concluyeron que a medida que la altura de las plantas disminuye, aumenta el número de granos por unidad de superficie y disminuye el peso de los granos. Youssefian *et al.* (1992) y Nizam Uddin y Marshall (1989), sugirieron que esto último se debe a que en las plantas de menor altura, comparadas con las más altas, se destinan una mayor proporción de carbohidratos hacia la espiga y los granos.

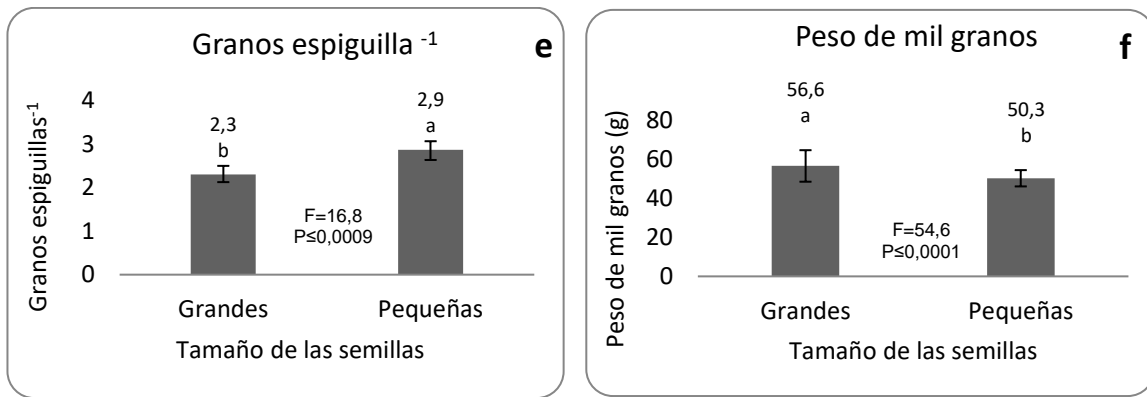


*Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P<0,05$)

Figura 22: Valores medios de altura (cm) para seis variedades de trigo candeal agrupadas en función del tamaño de su semilla.

La figura 23, representa los componentes del rendimiento desagregados para ambos grupos de variedades.





Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Figura 23: Valores medios de a) plantas m^{-2} , b) espigas planta⁻¹, c) espigas m^{-2} , d) espiguillas espiga⁻¹, e) granos espiguilla⁻¹ y f) peso de mil granos para dos grupos de variedades de trigo candeal con semilla grande y pequeña.

CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio permitieron confirmar la importancia del peso y el tamaño de la semilla de trigo candeal sobre la implantación y la producción de materia seca inicial del cultivo, pero no fue posible corroborar dichos efectos sobre el rendimiento final de granos bajo condiciones de campo.
- El uso de semilla grande se tradujo en un stand de plantas que fue un 17% más alto que el logrado con semillas pequeñas, y en una producción de materia seca por unidad de superficie un 28,6% mayor.
- En lo que concierne a la vitreosidad y el porcentaje de proteína se determinó que sus efectos sobre los niveles de implantación fueron de menor magnitud que los descriptos para el calibre y el PMS y variaron en función del tamaño y peso característicos de la semilla de la variedad.
- Debido a los buenos niveles de humedad del ciclo 2018, y a la destacada capacidad de compensación que posee el cultivo de trigo mediante la producción de macollos, las plantas que se originaron a partir de semillas pequeñas pudieron compensar a través de la producción de más espigas por planta y más granos por espiguilla el menor stand inicial de plantas. Como consecuencia de ello, y de las temperaturas moderadas y elevada disponibilidad hídrica durante la etapa de llenado de granos, las ventajas tempranas que resultaron del uso de semillas grandes no se tradujeron en mayores rendimientos de grano por unidad de superficie.
- Es probable que bajo condiciones hídricas más restrictivas durante el macollaje y/o la encañazón, que pudieran condicionar la capacidad de compensación del cultivo, hubiera sido posible identificar un efecto positivo del uso de semilla de mayor peso y tamaño sobre el rendimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, A., Ghezan, G., Scheggia, N., y Berlanga, P. 1982. Algunos aspectos de la producción y comercialización de trigo para fideo. Boletín Técnico N° 89, INTA, EEA Balcarce.
- Akinci, C., Yildirim, M. y Bahar, B. 2008. The effects of seed size on emergence and yield of durum wheat. Journal of Food, Agriculture and Environment. Vol.6(2): 234-237.
- Aparicio, N., Villegas, D. Araus, J.L. Blanco, R. y Royo, C. 2002. Seedling development and biomass as affected by seed size and morphology in durum wheat. J. Agric. Sci. Camb. 139: 143-150.
- Brancalion, P.H; Tay, D; Rodrigues, R.R; Novembre, A.D y Cunha, L.D. 2008. Seed imbibition of five Brazilian native tree seed. Acta Horticulturae (771): 77-81.
- Bredemeier, C., Mundstock, C.M. y Buttenberder, D. 2001. Effect of seed size on initial plant growth and grain yield of wheat. Pesqui. Agropec. Bras. 36, 1061-1068
- Bozzini, A. 1988. Origin, distribution and production of durum wheat in the world. En: G. Fabriani and C. Lintas (Eds.) Durum Chemistry and Technology. AACC, St. Paul, MN. p.1-6.
- Butcher, J. y Stenvert, N.L. 1973. Conditioning studies on Australian wheat. 111. The role of the rate of water penetration into the wheat grain. J. Sci. Food. Agric. 24: 1077-84.
- Carbajo, H. 2001. Trigo Candeal. Manual Técnico. Material de divulgación N°3. Chacra Experimental Integrada de Barrow (Convenio MAGyAL-INTA), 98pp.
- Chapman, S.; Hart, L. y Nardi, B. 1978. Rate of imbibition as a tool in screening for salt tolerance. Cereal Research Communications (6): 241-247.
- Chastain, T.G., K.. Ward y D.J. Wysocki. 1995. Stand establishment responses of soft white winter wheat to seedbed residue and seed size. Crop Sci. 35,213-218.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Fernández Moroni, I., Vicente, M., Fioretti, M., Baioni, S., Brevedan, R. y Miravalles, M. 2018. Impacto de la variedad y la procedencia de la semilla sobre el proceso de imbibición en trigo para fideos (*Triticum durum* Desf.).

- XXXII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal (RAFV) y XV Congreso Latinoamericano de Fisiología Vegetal. Córdoba. 11 al 15 de noviembre de 2018.
- Forján, H. y Manso, L. 2016. El área ocupada por los cultivos de cosecha fina en la región. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/el-area-ocupada-por-los-cultivos-de-cosecha-fina-en-la-region-0> verificado: 16 de enero de 2017)
- FAO/STAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. URL: <http://www.fao.org/statistics/es/>
- Gan, Y.T. y Stobbe, E.H. 1996. Seedling vigor and grain yield of Roblin wheat affected by seed size. *Agron. J.* 88, 456-460.
- García Lamothe, A. 2011. Densidad de siembra en trigo. *Revista INIA N°49*
- Informe institucional de trigo. URL: <https://www.trigoargentino.com.ar>.
- Jara Podestá, A. 2011. Caracterización y mercados del trigo del trigo candeal- Dirección de Mercados Agroalimentarios – Newsletter N° 59.
- Jensen, C. 2001. Manual Técnico: Trigo candeal. Material Divulgación N.º 3. Capítulos: i Áreas de Cultivo: 13–14 y xi. Calidad comercial e industrial. pp. 83–88.
- Jensen, C. y López, J.R. 2001. Trigo Candeal. Capítulo VIII. Chacra Experimental Integrada Barrow (Conveio MAGyAL-INTA).
- Lafond, G.P. y R.J. Baker. 1986: Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. *Crop Sci.* 26, 341-346.
- Larsen, A.O. y Storm. A.C. 2020. ECR Regional de trigo candeal – Campaña 2018/19. https://inta.gob.ar/sites/default/files/resumen_regional_de_t.candeal_2018-19_-_variedades_-_completo.pdf.
- López, A. 1971. Effect of seed protein content on plant. Master of science. Oregon State University.
- Maydup, M.L., Graciano, C., Guiamet, J.J. y Tambussi, E.A. 2012. Analysis of early vigour in twenty modern cultivars of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop & Pasture Science* 63, 987–996
- MAGyP Revista número 8- marzo 2019: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/publicaciones/_archivos/000100_Revistas/099998_2019/000993_N%C3%BAmero%208-%20Marzo%202019.pdf.

- Miralles, D.J., González F.G., Abeledo, L.G., Serrago, R.A., Alzueta, I., García, G.A., de San Caledonio, R.P. y Lo Valvo, P. 2014. Manual de trigo y cebada para el cono sur procesos fisiológicos y bases de manejo.
- Miralles, D.J. y Slafer, G.A., 1991. A simple model for non-destructive estimates of leaf area in wheat. *Cereal Research Communications*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/292019107>
- Miravalles, M.T. 2001. El Trigo Candeal. Capítulo 11. Cuaderno de Actualización Técnica N° 63: TRIGO. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). pp.151-165.
- Miravalles, M.T. 2017. Calidad Industrial del Trigo para Fideos en el Sur Bonaerense: Efectos del Genotipo, el Ambiente y sus Interacciones. Tesis de Doctorado. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. 266 pp.
- Molfese, E., Astriz, V., & Seghuzzo, M. (2017). Evaluación de la calidad del trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*) en los programas de mejoramiento de Argentina. *RIA* 43 (3) : 303-311.
- Molfese, E. y Seghezzo, M.L. 1999. Trigo candeal: avances en la calidad de los cultivares argentinos. 17th. ICC Conference "Cereal Across the Continents". Valencia. España. 6 al 9 junio de 1999
- Nizam Uddin, M. y D.R. Marshall. 1989. Effects of dwarfing genes on yield components under irrigated and rainfed conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 42: 127-134.
- Peterson, C.M., Klepper, B. y Rickman, R.W. 1989 Seed reserves and seedling development in winter wheat. *Agronomy Journal* 8: 245-251.
- Puri, Y.P. y C.O. Qualset. 1978. Effect of seed size and seeding rate on yield and other characteristics of durum wheat. *Phyton*, 36:41-51
- Quaglia, G.B. 1988. Other Durum Wheat Products. In: *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. G. Fabriani and C. Lintas (Eds). American Association of Cereal Chemists St.Paul, Minnesota, pp. 263 - 282.
- Quaglia, G.B., 1988. Durum wheat bread colour. In: *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. G.Fabriani, and C. Lintas (Eds.) American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, pp. 269-270.
- Rivas, F., 2020. Estudios de los efectos de la variedad y el calibre de la semilla sobre la emergencia y el crecimiento inicial del trigo candeal, Tesis de grado. Departamento de Agronomía, UNS.

- Royo, C., Ramdani, A., Moragues, M. y Villegas, D. 2006. Durum wheat under mediterranean conditions as affected by seed size. *J. Agronomy & Crop Science* 192, 257-266.
- SAGPyA, 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. URL:<http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Schilling, A.S., Abaye, A.O., Griffey, C.A., Brann, D.E., Alley, M.M., y Pridgen T. 2003: Wheat. Adaptation and Performance of Winter Durum Wheat in Virginia. *Agron. J.* 95: 642-651
- Seghezzo, M.L. y Molfese, E. 1999. Trigo Candeal. Criterios para la evaluación de la calidad. Publicación Miscelánea Nº 2. Seghezzo, M.L. y Molfese E. (Eds). Chacra Experimental Integrada Barrow, INTA-Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. pp. 23.
- Stougaard, R.N. y Xue, Q. 2005. Quality versus quantity: spring wheat seed size and seedling rate effects on Avena Fatua interference. Economics returns and economic thresholds. *Weed Research* 45: 351-360
- Stenvert, N.L y Kingswood, K. 1976. Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering. *Cereal Chemistry* (54) 627-637.
- Wen, D., Xu, H., Xie, L., He, M., Hou, H. y Zhang, C. 2017. A loose endosperm structure of wheat seed produced under low nitrogen level promotes early germination by accelerating water uptake. Disponible en <http://www.nature.com/scientificreports>
- Youssefian, S., E.J.M. Kirby, y Gale, M.D. 1992. Pleiotropic effects of the GA-insensitive *Rht* dwarfing genes in wheat. 2. Effects on leaf, stem, ear and floret growth. *Field Crops Res.* 28: 191-210.
- Zadoks, J., Chang, T. y Konzak C. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Zapata C.T., Silva, P.C. y Acevedo, E.H. 2002. Comportamiento de isolíneas de altura en relación con el rendimiento y distribución de asimilados en trigo. *Agric. Téc.* v.64 n2 Chillán abr. 2004.
- Zareian, A., Hamidi, A, Sadeghi, H. y Jazaeri, M.R. 2014. Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in laboratory and field. *Middle-East Journal of Scientific Research* 13: 1126-1131

