



## Trabajo Final de Graduación

Evaluación del efecto de distintas densidades de siembra sobre los componentes del rendimiento del cultivo de Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Autores: Allemandi, Evangelina

Capozzi, Emiliano

Director: Fernández, Miguel A.

Cátedra: Cultivos II

Ingeniería Agronómica

Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de La Pampa

Año 2018

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
Hipótesis:.....	8
Objetivo.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Análisis estadístico.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES.....	21
BIBLIOGRAFIA.....	23

## RESUMEN

El trigo ocupa un lugar importante en las rotaciones de cultivos que se realizan en los campos de la región pampeana. En base a éste se elaboran varios alimentos que integran la canasta básica en la dieta de los argentinos.

De las decisiones de manejo la elección de la densidad de siembra es fundamental ya que constituye un 21% del costo directo del cultivo. Varios ensayos se han realizado hasta la actualidad sobre la densidad de siembra óptima para este cultivo encontrándose resultados dispares.

El presente trabajo se realizó en el establecimiento Nueva Castilla, perteneciente a la empresa Eduardo Pereda y Hnas. Agropecuaria S.A, durante la campaña 2016/17. En el mismo se evaluó la respuesta agronómica del cultivo a las diferentes densidades de siembra, y como ésta afecta a los componentes del rendimiento: plantas/m<sup>2</sup>, espigas/m<sup>2</sup>, PMG, PH y por último al rinde.

El rendimiento, las espigas/m<sup>2</sup> y el PMG no resultaron afectados por las diferentes densidades, en cambio sí resultaron afectados los vástagos/m<sup>2</sup> y el PH. Los vástagos/m<sup>2</sup> al aumentar las densidades fueron disminuyendo, efecto causado por la plasticidad que posee el cultivo de trigo, en cambio el PH no presentó una tendencia clara al variar la densidad.

En conclusión, el rendimiento no varió significativamente al variar la densidad, lo cual puede explicarse por la compensación de los componentes que hacen al rendimiento, algunos de estos como los vástagos/m<sup>2</sup> fueron los que tuvieron mayor respuesta al variar el stand de plantas. Este comportamiento indicaría que podría ser posible reducir los costos del cultivo al reducir la cantidad de semilla empleada.

### **Palabras clave:**

Trigo, rendimiento de grano, dosis de siembra.

## **ABSTRACT**

The wheat occupies an important place in the crop rotations that made in the fields of the Pampas region. Based on this, several foods elaborated and that make up the basic basket in the diet of Argentinians.

From management decisions, the choice of sowing density is fundamental since it constitutes 21% of the direct cost of the crop. Several trials have been realized up to date on the optimum sowing density for this crop, finding different results.

The present work realized out in the “Nueva Castilla” establishment, belonging to the company E. Pereda y Hnas. Agrop. SA, during the 2016/2017 season. The agronomic response of the crop to the different sowing densities evaluated, and how it affects the yield components: plants/m<sup>2</sup>, ears/m<sup>2</sup>, TGW, test weight and finally to the yield.

The different densities did not affect the yield, the spikes/m<sup>2</sup> and the TGW; however, the shoots/m<sup>2</sup> and the test weight were affected. The shoots/m<sup>2</sup> when increasing the densities were decreasing, effect caused by the plasticity that the wheat crop has, however the test weight did not present a clear tendency when varying the density.

In conclusion, the performance did not vary significantly when varying the density, which explained by the compensation of the components that make the performance, some of these as the shoots/m<sup>2</sup> were the ones that had greater response to vary the stand of plants. This behavior would indicate that it might be possible to reduce the costs of the crop by reducing the amount of seed used.

### **Key words:**

Wheat, grain yield, sowing rate.

## INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es un cultivo invernal de gran importancia en Argentina, en el año 2004/05 se sembraron 6,26 millones de hectáreas y a partir de ahí fue decayendo su participación en las rotaciones hasta el año 2012/13 con un mínimo de 3,16 millones de hectáreas. Desde ese año, su participación ha aumentado y en la campaña 2016/2017 se sembraron 6,36 millones de hectáreas recuperando la superficie sembrada en el 2004 (Magyp, 2018). La disminución ocurrida en aquel período fue tanto en superficie sembrada como en producción (**Cuadro 1**), debido a las sequías invernales de ciclos anteriores, como también a problemas de comercialización. Sin embargo, el déficit de oferta interna durante ese periodo hizo subir su precio, lo cual revalidó el interés en este cultivo para mejorar la eficiencia económica de la empresa, lo que se vio reflejado en el repunte de la superficie sembrada y la producción a partir de la campaña 2014/2015 llegando en las dos últimas campañas alrededor de 6.000.000 ha y 18.000.000 de ton. (Magyp, 2018).

**Cuadro 1.** Producción, hectáreas sembradas y rendimiento de trigo en Argentina.

<b>Campaña</b>	<b>Sup. Sembrada (has)</b>	<b>Producción (Tn)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
2004/05	6.255.365	15.925.025	2.627
2005/06	5.222.485	12.593.396	2.531
2006/07	5.675.975	14.547.960	2.626
2007/08	5.951.577	16.354.091	2.831
2008/09	4.733.735	8.376.452	1.963
2009/10	3.556.705	9.023.139	2.757
2010/11	4.582.250	15.875.653	3.503
2011/12	4.630.600	14.500.519	3.225
2012/13	3.162.138	8.024.996	2.658
2013/14	3.648.070	9.188.339	2.662
2014/15	5.261.035	13.930.078	2.810
2015/16	4.381.128	11.314.952	2.862
2016/17	6.364.015	18.395.106	3.305
2017/18	5.927.610	18.518.045	3.181

Fuente: MAGYP, 2018.

La harina de trigo pan es una de las bases en la alimentación para la población del país. Al mismo tiempo que la demanda por el grano de trigo aumentó en los últimos años, el promedio de consumo de harina en los últimos 10 años ha ido aumentando hasta 91 Kg/persona/año (FAIM, 2017).

A partir de la campaña 2015/2016 el trigo se ubicó como una interesante alternativa, es por esto que en lo sucesivo se prevé una recuperación de la superficie sembrada. Esto surge como resultado de factores como las modificaciones del esquema comercial e impositivo, la rotación de cultivos para incentivar una mejor relación cereales/oleaginosas, la incorporación del trigo como cultivo estratégico en la lucha contra las malezas de cultivos estivales y por último, implantar el cultivo para paliar la situación de los excesos hídricos ocurridos en varias partes del país (Ruralnet, 2016).

Por otra parte, en las producciones contemporáneas la premisa es la búsqueda de una mayor rentabilidad para así lograr aumentar el beneficio. Es por este motivo que analizar el costo de implantación de un cultivo es muy importante para estudiar la estructura de precios. Ghida Daza (2016), mediante un análisis de costos determinó que las semillas y curasemillas constituyen el 21,47% del costo directo total del cultivo. Por este motivo, el productor debe decidir sobre uno de los más importantes factores en la determinación del rendimiento de trigo, que es la densidad de siembra (Lerner et al. 1990), que define la cantidad de semilla a utilizar e influye directamente en los costos de siembra.

El rendimiento de un cultivo de trigo está directamente relacionado con el número de granos por área (Fischer, 1975) y dicho componente del rendimiento puede mantenerse estable dentro de ciertos rangos de densidades, mediante mecanismos de compensación (Thorne, 1973).

Diversos trabajos evaluaron el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento. Read y Warder (1982) estudiaron la respuesta de trigo a diferentes densidades y concluyeron en la conveniencia de bajas densidades de siembra cuando la humedad edáfica es un factor limitante. Otros trabajos no detectaron diferencias significativas de rendimiento entre densidades de siembra, aunque los promedios muestran valores superiores con mayores densidades en años sin limitantes de humedad. En cambio en un año donde la humedad es limitante, la menor densidad fue la que más rindió a pesar de contar con menor número de espigas por  $m^2$  (Gallez et al., 1986). Ventimiglia y Torrens Baudrix (2015) estudiaron densidades entre 70 y 230 plantas/ $m^2$ , no hallando diferencias significativas utilizando una variedad de ciclo largo, pero si las hallaron con una variedad de ciclo corto. Por último, en un ensayo realizado por Lerner y Cerri

(1990) se evaluaron tres densidades: 180, 560 y 930 plantas/m<sup>2</sup> y no registraron diferencias entre densidades, como así tampoco en el peso de los granos.

Para nuestra región, la densidad de siembra aconsejada es aproximadamente de, 250-280 plantas/m<sup>2</sup> en fecha de siembra ideal (Junio), y 300-320 plantas/m<sup>2</sup> en una siembra tardía (Julio) (Kruk y Satorre, 2003).

Los componentes del rendimiento se definen en forma sucesiva a través del ciclo ontogénico del cultivo y en la etapa final ayudan a explicar retrospectivamente en qué etapa se produjo, si la hubo, una reducción del rendimiento. Sin embargo, el trigo tiene una enorme capacidad de compensación, es decir, el aumento de uno hace decaer el otro, sin variar demasiado el resultado final. La existencia de una compensación impide definir una única combinación óptima de componentes que maximice el número de granos por m<sup>2</sup> (Abbate et. al., 1994). El rendimiento en grano de un cultivo de trigo puede expresarse como el producto entre dos componentes principales: el número de granos por unidad de superficie (queda definido poco después de la floración) y el peso por grano (queda definido al momento de madurez fisiológica) (Reynolds et. al., 2004).

La adaptación del trigo a la amplia región del cultivo requiere que su desarrollo fenológico se adapte a cada ambiente, siendo primordial que la antesis ocurra en un momento de bajo riesgo de helada, como así también que el llenado de los granos ocurra en momento de bajo estrés hídrico y térmico (Fischer, 1985).

El peso hectolítrico (PH) es una evaluación que se encuentra incorporada en los estándares de trigo pan argentino (SAGPyA, 2004). El PH posee una relación directa con la buena molienda y está bien establecido, que granos redondos y grandes rinden más harina que los pequeños y arrugados (Shellenberger, 1980). Por consiguiente, el PH



es una buena estimación tanto de la calidad física del grano, como de la calidad potencial en molinería. Carr et al. (2003) y Costa et al. (2013) reportaron que a medida que aumentó la densidad de siembra también lo hizo el peso hectolítrico.

### **Hipótesis:**

**H1-** Las mayores densidades de siembra lograrán mayor rendimiento debido a una mayor cantidad de espigas/m<sup>2</sup> y número de granos/m<sup>2</sup>.

**H2-** Las mayores densidades de siembra obtendrán un mayor PH debido a que se espera mayor homogeneidad en la maduración de las espigas.

### **Objetivo**

Evaluar cómo interactúan los componentes del rendimiento frente a las diferentes densidades propuestas con el objetivo de compensar la menor cantidad de semillas por unidad de área.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en el establecimiento Nueva Castilla, perteneciente a la empresa Eduardo Pereda y Hnas. Agropecuaria S.A., ubicado a unos 16 Km de la localidad de Mari Lauquen, específicamente en el lote 9a AS (36° 02' LS y 63° 05' LO) a 101 msnm. El suelo se clasifica como *Haplustol típico*, es decir del orden MOLISOL de reciente constitución y, por lo tanto, bajo grado de desarrollo, con un régimen de precipitación údico, debido a que la precipitación media anual de 793 milímetros y una temperatura media anual de 15,6 °C, con una mínima media de 9,3 °C y una media máxima de 22.2 °C.

Previo a la siembra se realizó un muestreo del suelo para determinar el nivel de de los nutrientes Fósforo y Nitrógeno para posteriormente decidir la dosis de fertilizante a aplicar. Los resultados se presentan en el **Cuadro 2**.

**Cuadro 2.** Análisis nutricional del suelo.

P (ppm)	11,80
MO (%)	2,00
Peso suelo (tn/ha)	2600
N disponible 0-20 cm (ppm)	13,70
N disponible 20-60 cm (ppm)	8,10
N disponible (kg/ha)	31,70

En base a los resultados de los análisis expuestos en el **Cuadro 2**, se decidió realizar una fertilización con fosfato mono amónico (Map) a la siembra, con una dosis de 100 Kg/ha. Luego, en el mes de agosto, cuando el cultivo se encontraba en el estado de macollaje se fertilizó con 150 Kg/ha de urea.

La variedad utilizada fue DM Algarrobo (inscrita en el INASE en el año 2015). La misma se curó con Ritiram Carb Plus para prevenir enfermedades como carbón, fusariosis y el complejo de hongos del suelo. El ensayo se sembró el 15 de junio de 2016, en macro-parcelas realizadas en franjas. Cada franja estuvo compuesta de 2 maquinadas de 12.69 metros de ancho (68 cuerpos a 0.19 metros) y 250 metros de largo aproximadamente. El ensayo fue sembrado con una máquina John Deere No-Till Air Drill 1890. Las franjas se sembraron en sentido perpendicular a la pendiente, con la que se pudieron dividir dos ambientes (loma y bajo). Se utilizaron 5 densidades: 100, 150, 200, 250 y 300 semillas/m<sup>2</sup>.

El muestreo se realizó cruzando los dos ambientes. Las repeticiones estuvieron divididas en dos bloques. Cada muestra fue tomada al azar dentro de cada tratamiento recolectada manualmente, de una superficie de 1 m<sup>2</sup>, compuesta por 4 surcos de 1,32 metro lineal cada uno.

El manejo del ensayo fue igual al que se realizó en el resto del lote, con excepción de la siembra que se hizo de forma perpendicular, el ensayo fue sembrado de Este a Oeste y el resto del lote de Sur a Norte. Se realizó de esta manera para que las pasadas de la maquinaria utilizada en labores posteriores (fertilización, aplicaciones de herbicidas y/o fungicidas) queden perpendiculares a la línea de siembra y así disminuir el daño producido por las huellas de la maquinaria.

El manejo químico del lote fue realizado en la siguiente secuencia: para hacer el barbecho se aplicó 2 L/ha de Glifosato (48%) con 500 cc/ha de 2-4D en el mes de Abril. Luego, en el mes de Agosto, en el que el cultivo se encontraba en estado de macollaje se aplicó al cultivo 120 cc/ha de Dicamba, y 5 g/ha de Metsulfuron.

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron las siguientes mediciones: plantas logradas/m lineal, vástagos/m lineal (incluyen a los macollos y también al tallo principal) y por último se midió la cantidad de espigas/m lineal, para poder evaluar posteriormente cómo fueron evolucionando los distintos componentes del rendimiento. Para la determinación de plantas/m<sup>2</sup> se realizó el conteo de cuatro surcos a la par de 1,32 metro cada uno, en cambio para tallos/m<sup>2</sup> y espigas/m<sup>2</sup> se contaron 3 surcos a la par de un metro lineal en cada repetición. Posteriormente se realizó la cosecha, primero de forma manual, tomando una muestra de 1m<sup>2</sup>, recolectando las espigas, para luego realizar la trilla en gabinete con trilladora estacionaria marca Forti.

El rendimiento y peso de mil granos (PMG) se evaluó con balanza de precisión y se corrigió por humedad, llevando todos los valores al 14%. La medición de la humedad se realizó con humidímetro Tesma Plus II.

Además, se realizó la evaluación del Peso Hectolítrico (PH) para cada tratamiento, utilizando una balanza de Schöpfer.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis de la varianza (ANAVA) tuvo como factores la densidad, bloque y estación de muestreo. Para la para realizar el análisis estadístico se empleó el Software Infostat versión 2014. La diferenciación de medias se realizó por medio del test de Tukey,

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo de trigo (marzo-noviembre) en el año 2016 fueron de 550 mm, un valor similar al promedio histórico (1913-2017) que es de 542 mm (**Cuadro 3**), pero con la particularidad que, de esos 550 mm, 227 mm acontecieron en el mes de octubre, es decir que más de la mitad ocurrieron en un mes muy importante en la definición del rendimiento de cultivo de trigo (Quiroga y Paccapelo, 1990; Fernández, 2007).

**Cuadro 3.** Comparación de la temperatura media y precipitaciones mensuales del año 2016 con la media histórica (período 1913-2017).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media mensual (°C)	24.0	22.8	19.5	15.1	11.6	8.6	7.8	9.8	12.7	15.6	19.9	22.8
Mínima absoluta (°C)	7.0	5.6	3.4	0.4	-4	-8.6	-9.4	-6.3	-4.2	-1.0	2.0	3.4
Precipitación media histórica (1910-2016) (mm)	92	83	116	71	36	20	23	24	49	94	90	93
Lluvia del año 2016 (mm)	166	129	14	82	29	38	33	11	37	225	73	50
Lluvia acumulada en el año (mm)	166	295	309	391	420	458	491	502	539	764	837	887

El análisis estadístico se realizó por medio de ANAVA y las medias fueron separadas por medio del test de Tukey, Los resultados se vuelcan en el **Cuadro 4**. Ninguna de las densidades de siembra evaluadas obtuvo un rendimiento estadísticamente superior. Esto se puede explicar por la plasticidad que posee el cultivo de trigo de generar mediante

sus componentes de rendimiento una compensación, logrando así que ante diferentes situaciones iniciales se llegue a un similar resultado final de rendimiento. Para justificar este resultado, debemos evaluar independientemente los componentes del rendimiento para poder entender así los resultados expuestos en el trabajo. Frederick y Marshal (1985) afirmaron que debido a la compensación entre los diferentes componentes de rendimiento, el rendimiento objetivo puede lograrse con una amplia gama de densidades de siembra.

Como indica el **Cuadro 4**, en el ensayo se logró el objetivo buscado para cada tratamiento (densidad de siembra) que fueron las distintas densidades de siembra. La cantidad de plantas logradas mostraron una diferencia significativa. En la **Figura 1** se puede observar la eficiencia de siembra lograda en las distintas densidades de siembra, encontrándose valores entre el 86.6% y 100.8%, Las plantas logradas en un m<sup>2</sup> para cada densidad fueron aceptables.

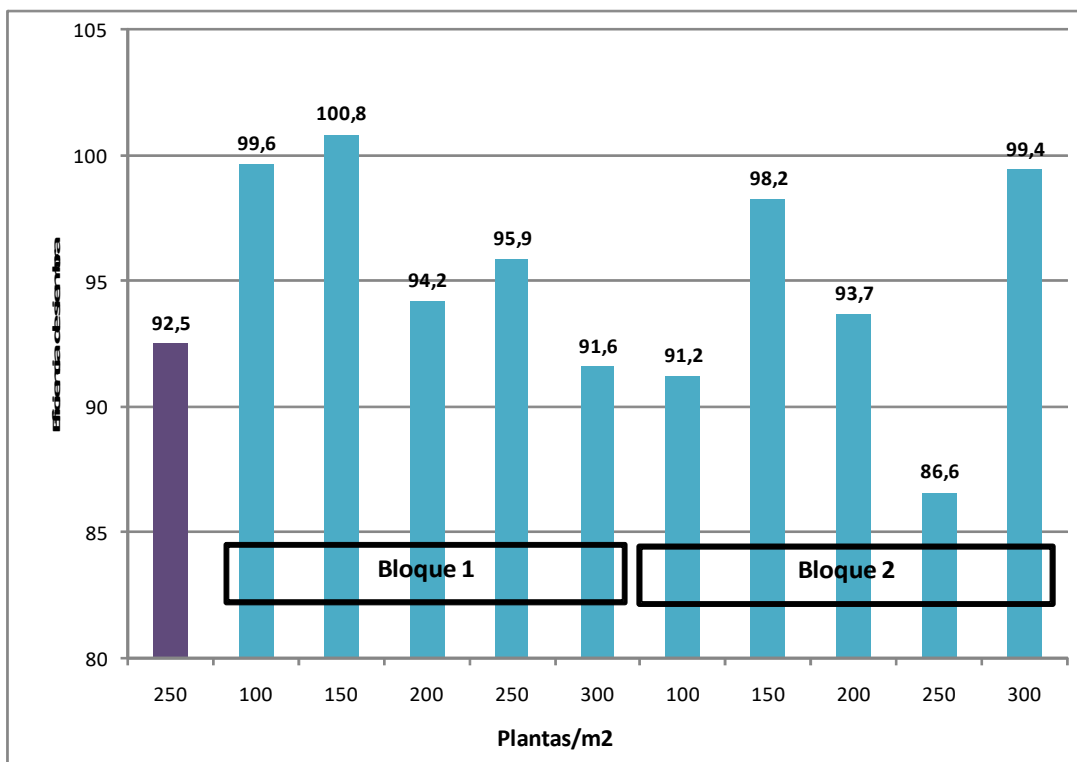
Lerner et al, (1986) utilizaron dos densidades: 300 plantas/m<sup>2</sup> y 600 plantas/m<sup>2</sup> y dos variedades. En su trabajo las dos variedades tuvieron el mismo comportamiento y el rendimiento se incrementó significativamente al aumentar la densidad de siembra.

Holliday (1960) concluyó que las relaciones entre rendimiento de grano y densidad debían ser parabólicas, es decir, los rendimientos deberían disminuir a muy altas densidades. Sin embargo, Lerner y Satorre (1990), en su experimento no lograron observar una marcada caída de rendimiento aun a densidades de 1.200 plantas/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 4.** Efecto de las densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes.

Densidades	Rendimiento (kg/ha)	Plantas/m <sup>2</sup>	Vástagos/m <sup>2</sup>	Muerte de vástagos (%)	Macollos /planta	Espigas/m <sup>2</sup>	PMG (g)	Peso Hectolítico (kg/hl)
100	6.217	95,4 A	439,8 B	-1,71	4,49 A	404,1	35,33	80,5 AB
150	6.016	149,3 B	447,7 B	2,83	3,16 B	455,0	35,83	80,3 B
200	6.410	187,9 C	464,6 B	8,16	2,43 BC	450,9	35,33	80,9 A
250	5.237	228,6 D	507,8 A	8,70	2,06 BC	464,1	34,34	79,8 C
300	5.873	286,5 E	508,2 A	10,05	1,62 C	457,0	35,33	80,2 BC
CV	13,58	22,27	8,23	220,29	27,8	20,6	3,87	0,71
DMS	1.311	29.35	29,90	20,81	1,22	70,31	1,51	0,51
	NS					NS	NS	

Letras iguales no difieren estadísticamente con el test de separación de medias Tukey y  $p \leq 0,05$

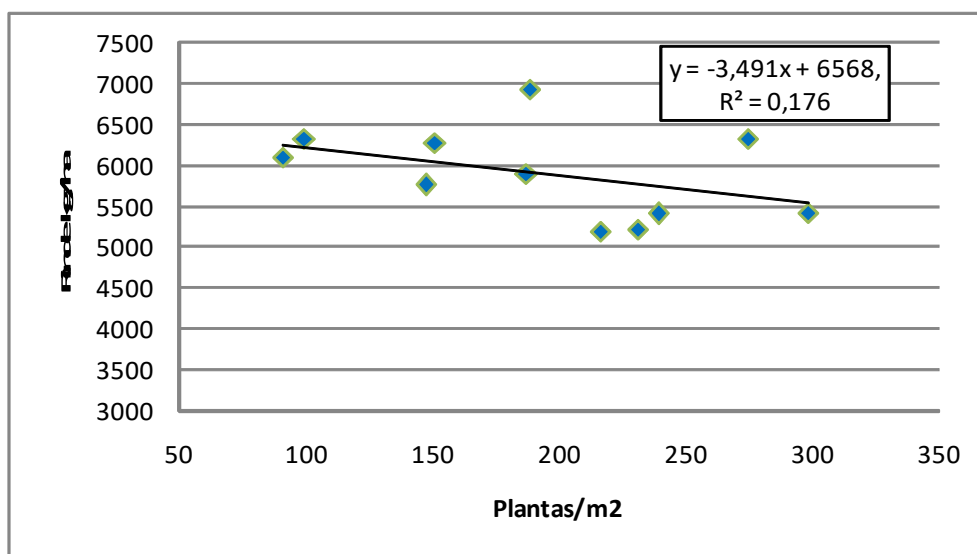


**Figura 1.** Eficiencia de siembra de cada tratamiento, en ambos bloques y Testigo.

El rendimiento en grano logrado en base a la cantidad de agua disponible durante el ciclo del cultivo fue bueno ya que el año 2016 fue de precipitación normal para el ciclo del cultivo (550 mm), similar al histórico (542 mm). En esta línea, Gallez et al. (1986) en su trabajo llevado a cabo durante dos años consecutivos no encontraron diferencias de rendimiento en años húmedos, en cambio en años con mayor restricción hídrica las densidades menores fueron las que obtuvieron mayor rendimiento. Read y Warder (1982) estudiaron la respuesta de los cultivos de trigo y cebada a diferentes niveles de siembra y fertilización, y coincidieron con los anteriores autores encontrando más convenientes las bajas densidades de siembra cuando la humedad fue un factor limitante.



La relación lineal existente entre las plantas por m<sup>2</sup> y el rendimiento en grano resultó estadísticamente no diferente de una pendiente “0” con un R<sup>2</sup> = 0,176 (**Figura 2**). La variable independiente en este caso “plantas por m<sup>2</sup>” no influye en lograr el rendimiento buscado, siendo un sub-componente de rendimiento que no aporta demasiado dentro del componente de mayor orden “número de granos por m<sup>2</sup>, que según la bibliografía analizada es el de mayor contribución al rinde.

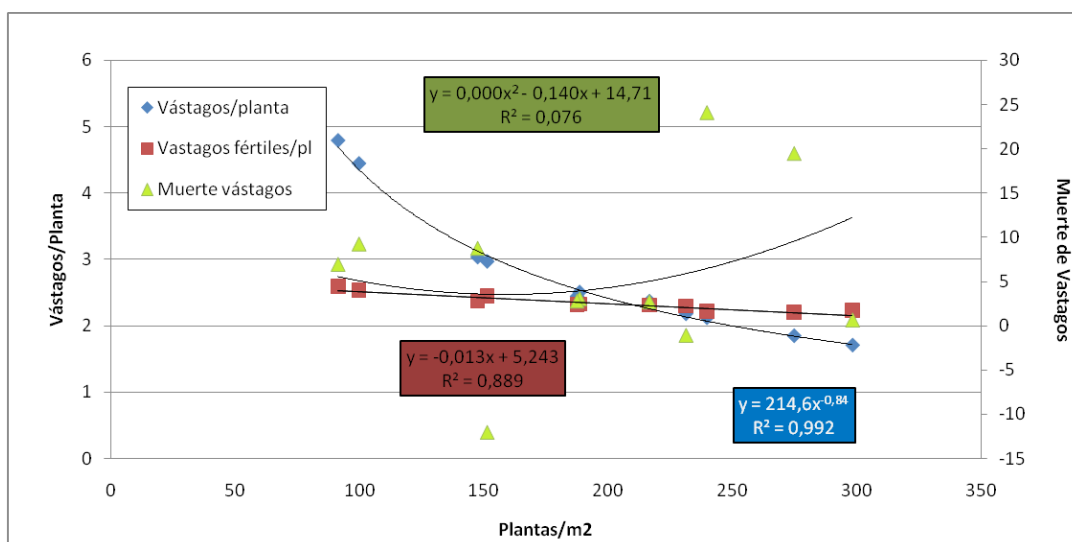


**Figura 2.** Asociación entre rendimiento (kg/ha) y número de plantas m<sup>2</sup>

Las densidades de 250 y 300 plantas/m<sup>2</sup> presentaron mayor número de vástagos por m<sup>2</sup> estadísticamente significativas, (presentaron en promedio 507,8 y 508,2 vástagos/m<sup>2</sup>, respectivamente) con respecto a las de 100, 150, y 200 plantas/m<sup>2</sup> que lograron valores entre 439,8, 447,7 y 464,6 vástagos, respectivamente según surge del análisis estadístico expresado en el **Cuadro 4**.

Existe una fuerte relación negativa entre los macollos por planta y las plantas por m<sup>2</sup>, ya que al aumentar la densidad el número de macollos por planta disminuye, observándose un efecto de compensación (**Figura 3**). También en la misma figura se

aprecia una fuerte relación entre los vástagos fértiles por planta (vástagos que terminaron dando una espiga) y la densidad. El número de vástagos fértiles es mayor en las menores densidades y disminuye cuando ésta aumenta. En cambio, la relación entre las variables muerte de vástagos y plantas/m<sup>2</sup> por el contrario, no están relacionadas.



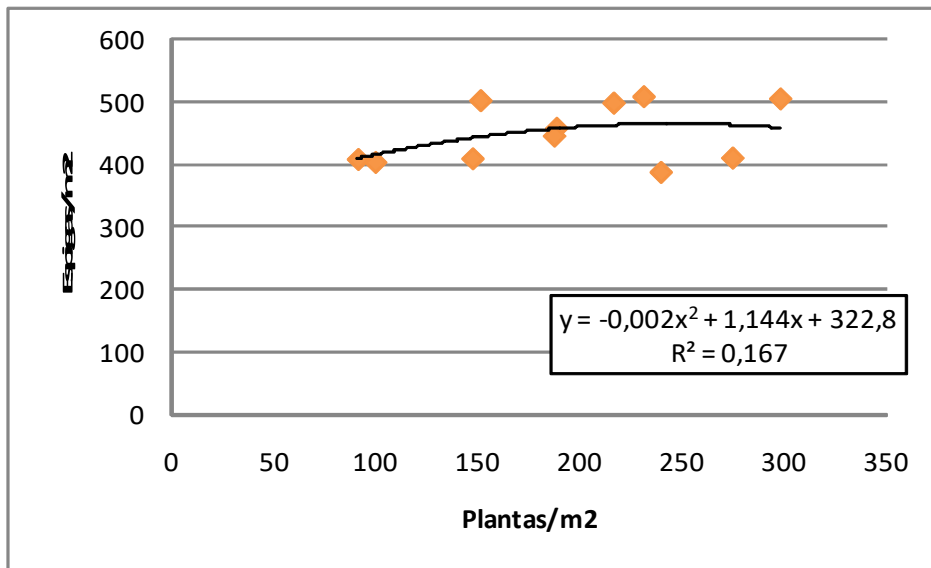
**Figura 3.** Efecto entre los vástagos por planta, los vástagos fértiles por planta y la muerte de vástagos.

La generación de macollos es uno de los mecanismos con que la planta cuenta para compensar la falta de competencia, ya sea inter o intra-específica, y así lograr mayor número de espigas para mantener el rendimiento. En el ensayo realizado, se pudo observar como a menores densidades las plantas presentaron mayor cantidad de macollos, es así que la densidad de 100 plantas/m<sup>2</sup> tuvieron en promedio 4,49 macollos/planta, y a medida que la densidad fue aumentando, la cantidad de macollos disminuyó, hasta llegar a la más alta densidad aplicada (300 plantas/m<sup>2</sup>), la cual produjo 1,62 macollos/planta. Este comportamiento confirma que este componente del rendimiento es muy importante para la compensación cuando el stand de plantas es menor al potencial de ambiente ofrecido.

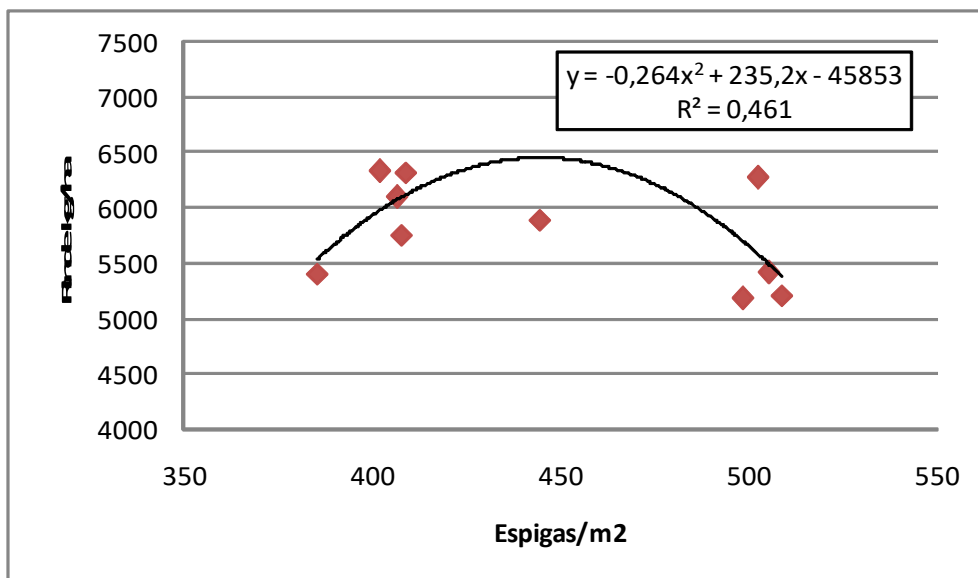
Otro de los mecanismos con que cuentan las plantas para compensar el rendimiento es el número de espigas/m<sup>2</sup>, es decir, los macollos fértiles sumados al tallo principal, tienen gran influencia sobre el rendimiento en grano (Lerner y Satorre, 1990). Puckridge y Donald (1967) resaltaron esta plasticidad del trigo. En el ensayo, no hubo diferencias significativas en las espigas/m<sup>2</sup>, entre los tratamientos aplicados (**Cuadro 4**). Esto se explica por los macollos producidos, ya que al haber menor número de plantas los macollos compensan, los que a la floración se traducen en espigas. En contraposición, Gallez et al. (1986) determinó en su ensayo realizado en el sur de la provincia de Buenos Aires, que la densidad de 300 plantas/m<sup>2</sup> fue la que generó más espigas, comparado con las densidades de 200 y 100 plantas/m<sup>2</sup>.

En la **Figura 4**, se observa que no hay respuesta las espigas/m<sup>2</sup> a medida que aumenta el número de plantas/m<sup>2</sup> y, esto ocurre por el efecto de compensación que genera el mayor número de macollos que existen en las bajas densidades.

Existe una asociación cuadrática entre el número de espigas por unidad de área y el rendimiento en grano (**Figura 5**). Esta afirmación podría respaldarse en el hecho que el número de granos por m<sup>2</sup> está conformado por otro subcomponente aparte de las espigas por unidad de área, como lo es el número de granos por espiga. Este componente ayuda a explicar el rendimiento final.



**Figura 4.** Relación entre las plantas/m<sup>2</sup> y las espigas/m<sup>2</sup>

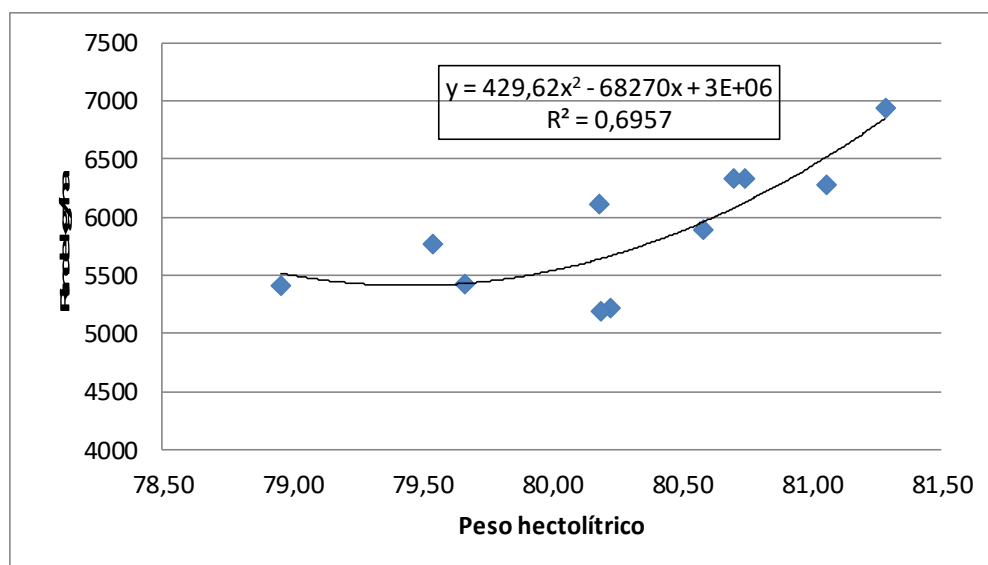


**Figura 5.** Relación entre las espigas/m<sup>2</sup> y el rinde (kg/ha).

Igualmente, el número de espigas/planta fue estudiado por Gallez et al. (1986), en un ensayo en el cual plantearon tres densidades (100, 200 y 300 pl/m<sup>2</sup>) descubrieron que la mayor densidad fue la que mayor número de espigas presentó, y la menor densidad fue la de menor número de espigas, aunque según los autores, esta superioridad en el número de espigas no llegó a compensar a todos los otros componentes del rendimiento que favorecieron a densidades de siembra menores. De hecho, la menor densidad (100 pl/m<sup>2</sup>) fue la que obtuvo el mejor rendimiento, a pesar de ser la que menor número de espigas generó, estas fueron más grandes (mayor número de espiguillas fértiles por espiga), con mayor número de granos por espiga y mayor peso de los granos. En concordancia al estudio anterior, (Lerner et al, 1986) también concluyeron en que las densidades altas fueron las que también obtuvieron un mayor número de espigas por superficie, aunque en este caso también las densidades altas, que fueron las que generaron más espigas por superficie terminaron traduciéndose en mayor rendimiento. Cabe destacar que el uso de densidades por encima del óptimo brinda un mayor número de espigas por unidad de superficie pero puede reducir la fertilidad de éstas (Darwinkel, 1978).

En cuanto al componente PMG, se observó que a pesar aumentar las densidades, no se vio reflejado en un efecto significativo sobre dicho componente (**Cuadro 4**). En concordancia, en el ensayo realizado por Fernández (2015), se probaron diferentes variedades de trigo, a diferentes densidades (100, 120, 140, 160 y 180 Kg/Ha). Se encontró que en 4 de las 5 variedades, la densidad no tuvo efecto sobre el PMG. Otros antecedentes coinciden con los resultados obtenidos aquí (Lerner et al, 1986) que no encontraron diferencias entre los tratamientos en el peso de los granos.

En la **Figura 6** se puede observar que existe una asociación cuadrática entre el peso hectolítrico y el rinde. A medida que aumenta el rendimiento en grano las condiciones son más favorables para lograr mayor PH. El PH logrado para todas las densidades lograron entrar en el grado 1 del estándar de comercialización de trigo (Norma XX, SAGPyA, 2004). Esto podría ser causa de la importancia que tiene el componente peso de los granos, que junto con el número de granos por área son los que en mayor medida explican el rendimiento del cultivo.



**Figura 6.** Asociación entre el Peso Hectolítrico y el Rinde.

## CONCLUSIONES

La Hipótesis 1 no se pudo comprobar debido a que si bien las densidades mayores tuvieron más espigas/m<sup>2</sup>, fueron las que obtuvieron los rendimientos más bajos, aunque estos no difirieron significativamente de las menores densidades. Esto podría explicarse por la capacidad de compensación que posee el trigo, que sumado a un año de precipitaciones similares al promedio no favoreció que las densidades más altas expresen mayor potencial que las más bajas como demostraron en algunos ensayos precedentes.

En cuanto a la Hipótesis 2 tampoco se pudo comprobar, no se vio una tendencia clara al analizar el PH. Más allá de esto, fueron las mayores densidades las que presentaron los menores PH, lo que podría explicarse por las normales precipitaciones que generaron mayor competencia en los tratamientos con más plantas que si hubiese sido un año con precipitaciones por encima del promedio para atenuar la competencia. Esto fue una ventaja para las densidades más bajas.

## Bibliografía

-Abbate, P.E, Andrade, F. y Culot, J.P. 1994. Determinación del rendimiento en trigo. Boletín Técnico N° 123. ISSN 0522-548. 17p.

-Bolsa de Comercio de Rosario (BCR). 2015. Anuario de la bolsa de comercio de Rosario. Visitado Julio 2017. <https://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/anuario.aspx>

-Carr, P.M., R.D. Horsley y W.W. Poland. 2003. Tillage and Seeding Rate Effects on Wheat Cultivars This paper is a contribution of the North Dakota State Univ. Agric. Exp. Stn. . Crop Sci. 43:202-209. doi:10.2135/cropsci2003.2020

-Costa, R., N. Pinheiro, A.S. Almeida, C. Gomes, J. Coutinho, J. Coco, A. Costa y B. Maçãs. 2013. Effect of sowing date and seeding rate on bread wheat yield and test weight under mediterranean conditions. Emir. J. Food Agric. 25:951-961.doi: 10.9755/ejfa.v25i12.16731.

-Darwinkel, A. (1978). Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. Neth. J. Agric. Sci. 26,383-398.

-FAIM. Federación Argentina de la Industria Molinera (FAIM). 2017. Molienda y Producción de Harina. Visitado Julio 2017. <http://www.faim.org.ar/Memoria.aspx>

-Fernández, M.A. 2007. Estrategias para mejorar el rendimiento de cereales graníferos invernales en la Región Semiárida Pampeana Central. Tesis MSc. UNS, Bahía Blanca, Arg. 139p.

-Fernández, P. 2015. Efectos de diferentes densidades de siembra en el cultivo de trigo. Visitado diciembre 2017. <https://www.cetapar.com.py/efecto-de-diferentes-densidades-de-siembra-en-el-cultivo-de-trigo/>

-Fischer R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci. 105:447-461.

-Fisher, R. 1975. Yield potential in a dwarf spring wheat and the effect of shading. Crop. Sci. 15:607-613.

-Frederick, J. R. and Marshall, H.G. (1985). Grain Yield and Yield Components of Soft Red Winter Wheat as Affected by Management Practices. Agronomy Journal, 77 (3), 495-499.

-Gallez, L., Mockel, F., Cantamuto, M. Gullace, G. y Vallati, A.R. 1986. Densidad de siembra y separación entre hileras: Su influencia sobre el rendimiento de Trigo en la región semiárida pampeana. 1er Congreso Nacional de Trigo. AIANBA. III: 167-172.



-Guida Dhaza, C. 2016. Resultados económicos esperados para la campaña de trigo 2016/2017. Visitado Julio 2017. <http://inta.gob.ar/documentos/resultados-economicos-esperados-para-la-campana-de-trigo-2016-2017>.

-Holliday, R. 1963. The effect of row width on the Yield of cereals. Field Crop Abstracts 16(2):71-81.

-Kruk, B. y E.H. Satorre. 2003. Densidad y arreglo especial del cultivo. En: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Satorre et al (eds.) .Editorial FAUBA. Cap 13, pág 279-316.

-Lerner, S. y Cerri, A. 1990. Generación de macollos espiguillas y flores en trigo: Efectos de la densidad de siembra. 2do Congreso Nacional de Trigo. AIANBA. I: 59-68.

-Lerner, S y Satorre, E. 1990. Aplicación de un diseño experimental sistemático al estudio de la respuesta a la densidad de cultivares de Trigo. 2<sup>do</sup> Congreso Nacional de Trigo. AIANBA. I: 44-50.

- Lerner, S. E., Mac Maney, M. y Tapia, M. R. 1986. Densidad de siembra y fertilización nitrogenada en trigo: cultivares Marcos Juárez INTA y Norkinpan 70. Rev. Fac. Agronomía, 7:9-16. Obtenido de: <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?ad&c=rfa&d=1986lerner->

-MAGYP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2018. Datos abiertos Agroindustria. Visitada Julio 2017. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.

-SAGPyA, 2004. Norma de calidad para la comercialización de trigo pan, Norma XX. Resolución N° 1262/2004. Visitado Febrero de 2018.

-Puckridge, D. W . y Donald, C. M . 1967. Competition among wheat plants sown at a wide range of densities. Australian Journal Agric . Res . , 18: 193-211.

-Quiroga, R.A. y H.A. Paccapelo. 1990. Evaluación de algunos aspectos de las relaciones hídricas en trigo, en la región semiárida pampeana. Rev. Fac. Agron. de la UNLPam, 5:110-115.

-Read, D. y F. Warder. 1982. Wheat and barley responses to rates of seeding and fertilizer in southwestern Saskatchewan, Canada. Agron.J. 74:33-35.

-Reynolds, M. P., R Trethowan; J Crosa, M Vargas y K. D Sayre. 2004. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. Field Crop 85:

-Ruralnet. Trigo: Perspectivas para la campaña 2016/2017. 2016. Visitada Julio 2017.<http://ruralnet.com.ar/trigo-perspectivas-la-campana-20162017/>

-Shellenberger, J. A. 1980. Advances in milling technology. p. 227-270. En: Y. Pomeranz (ed.). Advances in cereal science and technology. Am. Assoc. Cereal Chemists., St. Paul, Minn, EEUU.

-Thorne, G.N. 1973. Physiology of grain yield of wheat and barley. Rothamsted. Report part 2:5-23.

- Ventimiglia, L. y Torrens Baudrix, L. 2015. Trigo: Efecto de la densidad de siembra sobre el comportamiento de variedades de ciclo largo y corto. Visitado Julio 2017. [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_9\\_de\\_julio\\_trigo\\_efecto\\_de\\_la\\_densidad\\_de\\_siemb.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9_de_julio_trigo_efecto_de_la_densidad_de_siemb.pdf)