



XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”

*Producción sustentable en ambientes frágiles*

Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014

## FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y AZUFRADA EN CEBADA CERVECERA CV. SCARLETT: EFECTOS SOBRE EL CALIBRE

Prystupa, P.<sup>1\*</sup>, Ferraris, G.<sup>2</sup>, Ventimiglia, L.<sup>3</sup>, Loewy, T.<sup>4</sup>, Couretot, L.<sup>2</sup>, Bergh, R.<sup>5</sup> y Gutiérrez Boem, F.H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, FAUBA, INBA-CONICET; <sup>2</sup> E.E.A. Pergamino, INTA; <sup>3</sup> U.E.E.A. 9 de Julio, INTA; <sup>4</sup> E.E.A. Bordenave, INTA; <sup>5</sup> Chacra Experimental Integrada de Barrow, INTA-MAA

\* [prystupa@agro.uba.ar](mailto:prystupa@agro.uba.ar), Av. San Martín 4453 CABA, (11)4524-8022

### INTRODUCCIÓN

La calidad industrial de la cebada cervecera está asociada al tamaño o calibre y al contenido proteico de los granos (Briggs, 1998). La determinación del calibre se realiza pasando una muestra de granos por un juego de tres zarandas, cuyos orificios tienen un largo tal que permite pasar a todos los granos y tienen un ancho de 2,8, 2,5 y 2,2 mm respectivamente. Este instrumento permite clasificar las muestras en cuatro fracciones según su calibre: mayor a 2,8 mm (fracción 1), entre 2,8 y 2,5 mm (fracción 2), entre 2,5 y 2,2 mm (fracción 3) y menor a 2,2 mm (fracción 4). El estándar de comercialización vigente en nuestro país determina que las partidas de este cereal deben tener más de 85% de la suma de las fracciones retenidas en las zarandas de 2,5 y 2,8 mm (fracción 1 + fracción 2). En las malterías, los granos de tamaño menor a 2,5 mm son descartados, ya que suelen presentar un mayor nivel de dormición y suelen hidratarse más rápidamente que los gruesos, determinando así una heterogeneidad indeseada durante el malteo (Briggs, 1998).

Una de las consecuencias más usuales de la fertilización nitrogenada es disminuir el calibre de los granos (Eagles et al., 1995; Stark y Brown, 1987; Zhao et al., 2006). En la literatura científica internacional existen escasos trabajos en el que se evalúe el efecto de las deficiencias de S sobre el calibre de la cebada cervecera. En una red de 14 experimentos realizados en Canadá, la fertilización azufrada no afectó ni el rendimiento ni el calibre de los granos (McKenzie et al., 2005) mientras que en otra red de 5 ensayos realizados en Inglaterra, la fertilización azufrada incrementó el rendimiento en 4 experimentos e incrementó el porcentaje de granos finos (ancho menor a 2,15mm) en un experimento (Zhao et al., 2006).

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la fertilización nitrogenada en las primeras etapas del cultivo (siembra o macollaje) y en espigazón y de la fertilización azufrada sobre el calibre de los granos y su relación con el peso unitario de los granos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Entre los años 2005 y 2008 se realizaron 25 experimentos a lo largo de las principales áreas de cultivo de cebada de la Provincia de Buenos Aires. Los efectos sobre el rendimiento y el contenido proteico de los granos fueron presentados en publicaciones anteriores (Prystupa et al., 2008; 2012). La ubicación de los experimentos y algunas características de los sitios experimentales pueden consultarse en Prystupa et al. (2012).

Los ensayos se realizaron dentro de lotes en producción siguiendo las prácticas culturales empleadas por los productores. En los ensayos realizados en el norte de la provincia el cultivo antecesor fue exclusivamente soja, mientras en el sur los antecesores fueron diversos cultivos. En todos los casos el cultivar empleado fue la variedad Scarlett. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones excepto en los sitios de Junín y Baigorrita (experimentos 8, 9, 18, 19, 24 y 25) donde se realizaron cuatro repeticiones. Cada parcela experimental medía entre 2 y 4 m de ancho y entre 10 y 20 m de largo.

Los tratamientos evaluados variaron entre experimentos. En todos los experimentos, excepto en los 9, 10, 12 y 13, se implementaron 10 tratamientos. En la tabla 1 se indican los niveles de fertilización nitrogenada inicial y las dosis de fertilización azufrada inicial y de fertilización nitrogenada en espigazón en cada tratamiento. La dosis de fertilización nitrogenada inicial aplicada en cada nivel varió entre experimentos y es detallada en la tabla 3. La dosis de la fertilización nitrogenada inicial fue elegida de manera tal que la suma del N presente como nitratos en los primeros 60 cm de profundidad del suelo más la dosis de N aplicada en el fertilizante fuera de 70 (N1), 100 (N2) y 130 kgN ha<sup>-1</sup> (N3) o de 100 (N1), 130 (N2) y 160 kgN ha<sup>-1</sup> (N3).

Tabla 1: Tratamientos implementados en todos los experimentos excepto en los experimentos 9, 10, 12 y 13. Se indica el nivel de fertilización nitrogenada inicial y las dosis de fertilización azufrada inicial y nitrogenada en antesis

| Tratamiento                                | N0 | N1 | N2 | N3 | N1S | N2S | N3S | N1SNe | N2SNe | N3SNe |
|--------------------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| Nivel N inicial                            | N0 | N1 | N2 | N3 | N1  | N2  | N3  | N1    | N2    | N3    |
| Dosis S inicia (kg S ha <sup>-1</sup> )    | 0  | 0  | 0  | 0  | 20  | 20  | 20  | 20    | 20    | 20    |
| Dosis N espigazón (kg N ha <sup>-1</sup> ) | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 20    | 20    | 20    |

Para evitar deficiencias de fósforo, todos los experimentos fueron fertilizados con superfosfato triple en una dosis de 20 kgP ha<sup>-1</sup>. La fertilización nitrogenada inicial se realizó aplicando urea al voleo durante macollaje en los experimentos realizados en el sur de la provincia (experimentos 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 20 y 21) y durante la siembra en los realizados en el norte de la provincia. La fertilización azufrada se realizó aplicando sulfato de calcio durante la siembra. El momento de aplicación se eligió teniendo en cuenta cual es la tecnología más habitual en cada región geográfica. La fertilización nitrogenada durante espigazón se realizó aplicando una solución de urea de bajo biuret mediante pulverizadoras de mochila.

La cosecha se realizó en forma manual y se trilló en trilladoras estacionaria. Sobre las muestras obtenidas se determinó el calibre. El calibre se determinó empleando un sistema de zarandas calibradas Sortimat (Pfeuffer, Kitzingen, Germany) que permite clasificar los granos en cuatro clases de acuerdo a su ancho: mayor a 2,8 mm (primera), entre 2,8 y 2,5 mm (segunda), entre 2,5 y 2,2 mm (tercera) y menor a 2,2 mm (cuarta).

En 17 experimentos fueron evaluados los componentes del rendimiento. Para ello, de las muestras de granos obtenidas en cada parcela se pesaron tres submuestras de 100 granos cada una para calcular el peso unitario y el número de granos por unidad de superficie.

Los resultados se analizaron por análisis de varianza. Cuando el efecto de los tratamientos fue significativo, se realizaron contrastes entre medias previamente planeados utilizando diferencia mínima significativa. Para determinar el efecto simple del N inicial, las interacciones entre el N inicial y el S, y la interacción entre el N inicial y el N en espigazón, se combinaron contrastes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El calibre varió mucho entre experimentos y tratamientos (Tabla 2). Se observaron valores entre 50 y 99%. La fertilización nitrogenada disminuyó significativamente el calibre en 10 experimentos coincidiendo con lo observado por otros autores (Tabla 3) (Eagles et al., 1995; Stark y Brown, 1987; Zhao et al., 2006). En tres experimentos, la fertilización nitrogenada en espigazón afectó el calibre pero los efectos fueron variables: en dos experimentos el calibre subió y en uno disminuyó. La fertilización azufrada incrementó significativamente el calibre en tres experimentos contrariamente a lo observado por Zhao et al. (2006). Es interesante destacar que en dos de estos tres experimentos (4 y 7) se evaluaron los componentes del rendimiento y la fertilización azufrada no había incrementado el peso unitario del grano y en ninguno de los tres se habían observado efectos sobre el rendimiento.

Tabla 2: Media del calibre de los granos (%) en cada tratamiento de 25 experimentos.

| Exp. | Tratamientos |      |      |      |      |      |      |       |       |       |
|------|--------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|      | N0           | N1   | N2   | N3   | N1S  | N2S  | N3S  | N1SNe | N2SNe | N3SNe |
| 1    | 96.0         | 97.0 | 95.6 | 93.7 | 95.8 | 95.6 | 94.4 | 98.0  | 95.9  | 94.2  |
| 2    | 99.0         | 98.2 | 96.8 | 95.8 | 99.1 | 99.0 | 97.2 | 98.7  | 98.0  | 95.6  |
| 3    | 64.7         | 62.9 | 55.3 | 65.7 | 61.4 | 53.3 | 51.2 | 66.4  | 57.3  | 52.3  |
| 4    | 97.8         | 97.9 | 98.4 | 98.5 | 99.1 | 98.6 | 98.8 | 98.9  | 98.8  | 98.5  |
| 5    | 88.7         | 87.7 | 90.4 | 90.0 | 90.8 | 90.0 | 91.9 | 91.5  | 88.8  | 89.9  |
| 6    | 92.3         | 93.8 | 93.6 | 90.6 | 94.8 | 92.8 | 90.5 | 95.6  | 94.4  | 92.4  |
| 7    | 97.0         | 95.8 | 92.5 | 92.1 | 97.3 | 95.7 | 93.4 | 95.8  | 95.6  | 94.5  |
| 8    | 88.9         | 87.2 | 82.2 | 76.6 | 86.5 | 84.8 | 79.5 | 87.5  | 84.5  | 75.3  |
| 9    |              | 91.6 | 91.1 | 87.5 | 91.8 | 90.8 | 90.3 | 93.4  | 92.1  | 92.4  |
| 10   |              | 86.0 | 83.0 | 70.7 | 88.4 | 83.8 | 56.2 | 87.4  | 77.8  | 49.9  |
| 11   | 82.0         | 80.1 | 68.3 | 65.5 | 80.9 | 55.2 | 59.0 | 78.7  | 71.2  | 57.3  |
| 12   | 80.7         | 79.3 | 82.4 |      | 83.1 | 82.5 |      | 81.2  | 82.4  |       |
| 13   | 95.1         | 91.8 | 88.9 |      | 91.9 | 86.4 |      | 93.5  | 91.0  |       |
| 14   | 97.2         | 96.8 | 95.9 | 94.1 | 95.8 | 96.8 | 95.6 | 95.7  | 96.1  | 94.8  |
| 15   | 91.4         | 85.9 | 87.4 | 91.5 | 90.1 | 82.9 | 89.8 | 91.0  | 91.8  | 86.8  |
| 16   | 94.6         | 95.6 | 93.3 | 92.2 | 93.3 | 94.1 | 92.9 | 94.6  | 94.4  | 93.7  |
| 17   | 94.8         | 94.8 | 95.8 | 94.9 | 94.3 | 94.3 | 95.1 | 95.1  | 95.0  | 93.9  |
| 18   | 95.0         | 93.8 | 90.7 | 89.8 | 93.6 | 91.1 | 90.4 | 93.8  | 91.8  | 90.3  |
| 19   | 88.8         | 87.9 | 82.4 | 75.4 | 87.1 | 77.3 | 80.2 | 84.2  | 80.1  | 78.4  |
| 20   | 94.1         | 93.2 | 91.6 | 90.8 | 91.8 | 91.2 | 87.9 | 95.4  | 94.2  | 96.3  |
| 21   | 91.6         | 76.4 | 77.7 | 84.6 | 86.6 | 80.4 | 82.4 | 82.9  | 63.4  | 77.2  |
| 23   | 57.2         | 57.4 | 54.7 | 50.5 | 53.8 | 52.4 | 51.9 | 52.6  | 52.1  | 50.4  |
| 24   | 71.7         | 67.8 | 65.1 | 65.3 | 68.6 | 69.9 | 64.6 | 71.4  | 70.8  | 61.1  |
| 25   | 88.2         | 89.3 | 90.0 | 89.1 | 88.2 | 90.4 | 90.0 | 91.6  | 88.4  | 88.7  |

El calibre está conformado por dos fracciones de acuerdo al grosor del grano: mayor a 2,8 mm (primera fracción) y entre 2,8 y 2,5 mm (segunda). En esta red se observó que cuando aumenta la primera fracción, disminuye la segunda ( $y = -0.0054x^2 + 0.0601x + 47.635$ ; donde  $y$  = Segunda (%) y  $x$  = Primera (%);  $R^2 = 0.81$ ;  $p = 0.001$ ,  $n = 143$ ). Las variaciones en el calibre se asociaron positivamente a las variaciones en la primera fracción y en forma negativa a la segunda fracción (Figs. 1 A y B). Las variaciones en el calibre estuvieron determinadas en mayor medida por variaciones entre sitios experimentales y en menor medida por el efecto de los tratamientos sobre el calibre. Para analizar las variaciones debido a los tratamientos en forma independiente de las variaciones debido a los ambientes, se calculó un índice que denominamos “calibre relativo” dividiendo el calibre de cada tratamiento por el promedio de todos los tratamientos de cada experimento. De manera similar se calcularon los índices “primera relativa” y “segunda relativa”

dividiendo el valor de cada tratamiento por el promedio de cada sitio. El calibre relativo se asoció positivamente a la “primera fracción relativa” y en forma negativa y poco robusta a la “segunda relativa” (Figs 1 C y D). Es decir que las variaciones del calibre debidas a los tratamientos de fertilización estuvieron determinadas por variaciones en la primera fracción.

Tabla 3: Análisis de varianza del calibre de los granos en cada experimento. NS indica  $p > 0,05$  y el número indica la probabilidad cuando esta es menor a 0,05.

| Experimento | Ni    | S     | NixS  | Ne    | NexS |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1           | 0.049 | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 2           | 0.006 | 0.007 | NS    | 0.042 | NS   |
| 3           | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 4           | NS    | 0.038 | NS    | NS    | NS   |
| 5           | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 6           | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 7           | 0.003 | 0.018 | NS    | NS    | NS   |
| 8           | 0.001 | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 9           | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 10          | 0.011 | NS    | 0.039 | NS    | NS   |
| 11          | 0.025 | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 12          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 13          | 0.001 | NS    | NS    | 0.004 | NS   |
| 14          | 0.003 | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 15          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 16          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 17          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 18          | 0.007 | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 19          | 0.001 | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 20          | NS    | NS    | NS    | 0.001 | NS   |
| 21          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 23          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 24          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |
| 25          | NS    | NS    | NS    | NS    | NS   |

El calibre se asoció en forma positiva con el peso unitario de los granos (Fig. 2). Un calibre del 85%, tomado como valor mínimo en el estándar utilizado en nuestro país, se alcanzó con un peso unitario de granos de 37mg. La relación fue curvilínea indicando que cuando el peso unitario de granos es relativamente alto, sus variaciones se asocian con pequeñas variaciones en el calibre; mientras que, cuando los pesos son bajos (por ej., menores a 37 mg), sus variaciones se asocian con variaciones mayores en el calibre. Esto se debe a que con pesos unitarios de grano por debajo de 37 mg (aproximadamente) las disminuciones del peso se asocian con disminuciones de la primera fracción sin cambios importantes en la segunda fracción, mientras que con peso de granos mayores a 37 mg, los aumentos en el peso de grano se asocian con aumentos de la primera fracción que son compensadas parcialmente por disminuciones en la segunda fracción (Fig. 3).

El peso unitario de los granos se encuentra asociado al extracto (principal indicador de calidad de la malta), pero su medición es lenta y, por lo tanto, poco práctica para ser utilizada durante la comercialización de la cebada (Briggs, 1998). La medición del calibre ha sido adoptada en forma generalizada como una manera de evaluar rápidamente el peso de los granos durante la comercialización. Nuestras observaciones confirman la utilidad del calibre como estimador del peso unitario de los granos cuando se comparan partidas de este cereal de una misma variedad proveniente de diversos ambientes. Passarella et al. (2003) observaron una relación similar entre calibre y peso unitario de granos cuando compararon 8 cultivares de cebada que han sido empleados en la región pampeana en distintos períodos históricos. Las funciones obtenidas en

ambos trabajos indican que el calibre es más sensible a cambios en el peso unitario de granos en partidas que no alcanzan el estándar (calibres menores a 85%) que en partidas que lo cumplen.

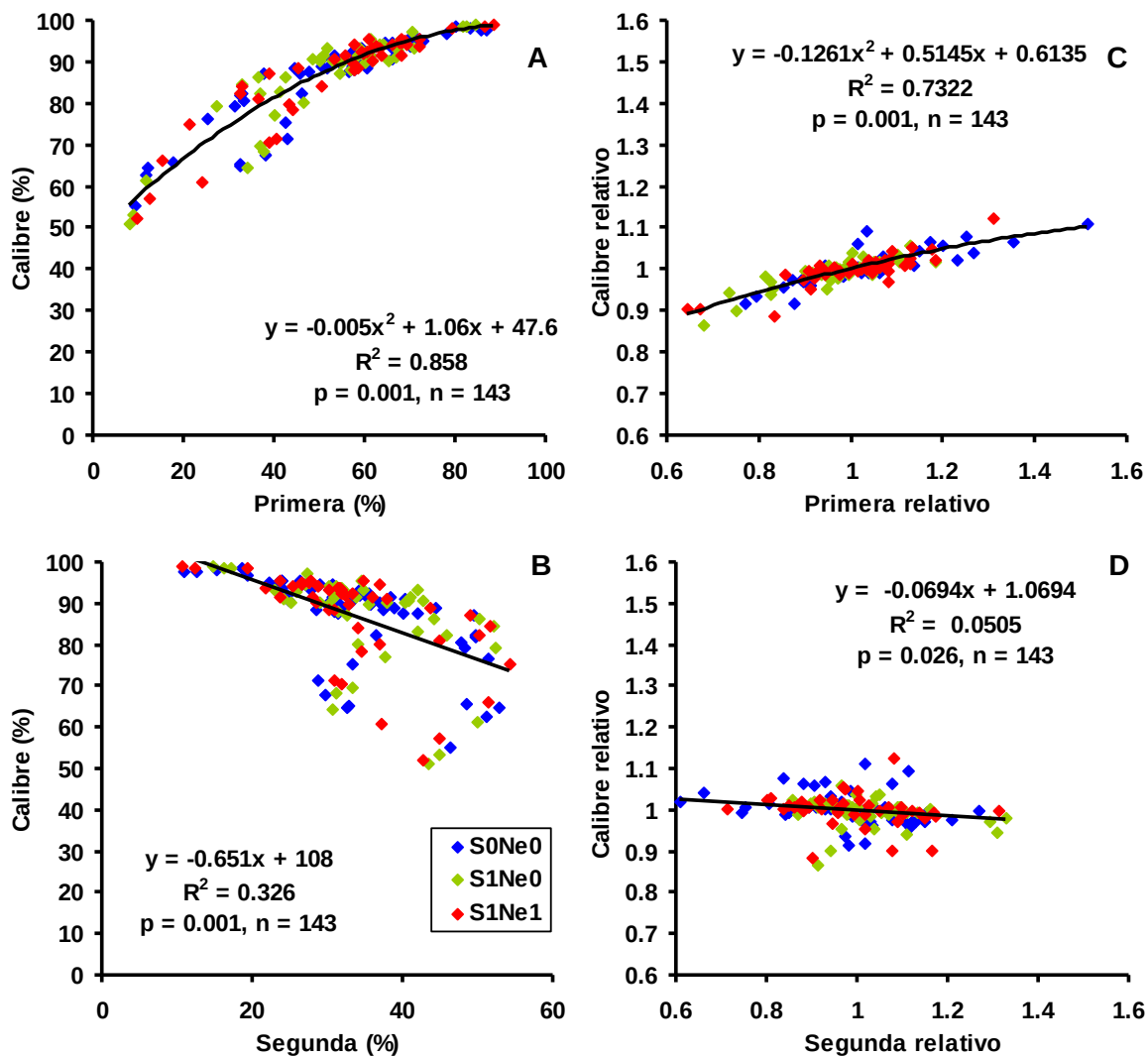


Figura 1: Relación entre el calibre y la primera fracción (A), y la segunda fracción (B) y entre el calibre relativo (calculado como el cociente entre el calibre de un tratamiento de fertilización nitrogenada inicial en un experimento dividido el promedio de los 3 o 4 niveles de disponibilidad nitrogenada inicial en el mismo experimento) y la primera (C) y segunda fracción relativa (D) dividiendo el valor de cada nivel de fertilización por el promedio de cada sitio. Cada punto indica la media de tres o cuatro repeticiones (según el caso) pertenecientes a un mismo tratamiento en un experimento.

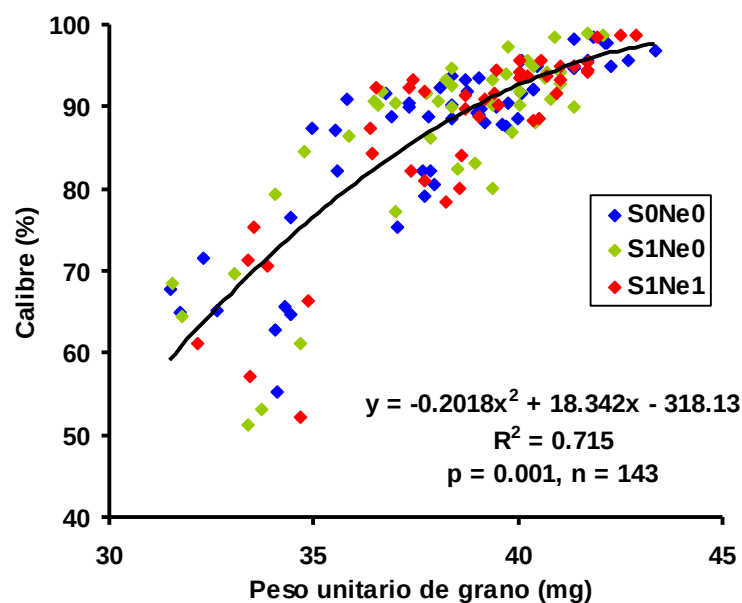


Figura 2: Relación entre el calibre y el peso unitario de grano. Cada punto indica la media de tres o cuatro repeticiones (según el caso) pertenecientes a un mismo tratamiento en un experimento.

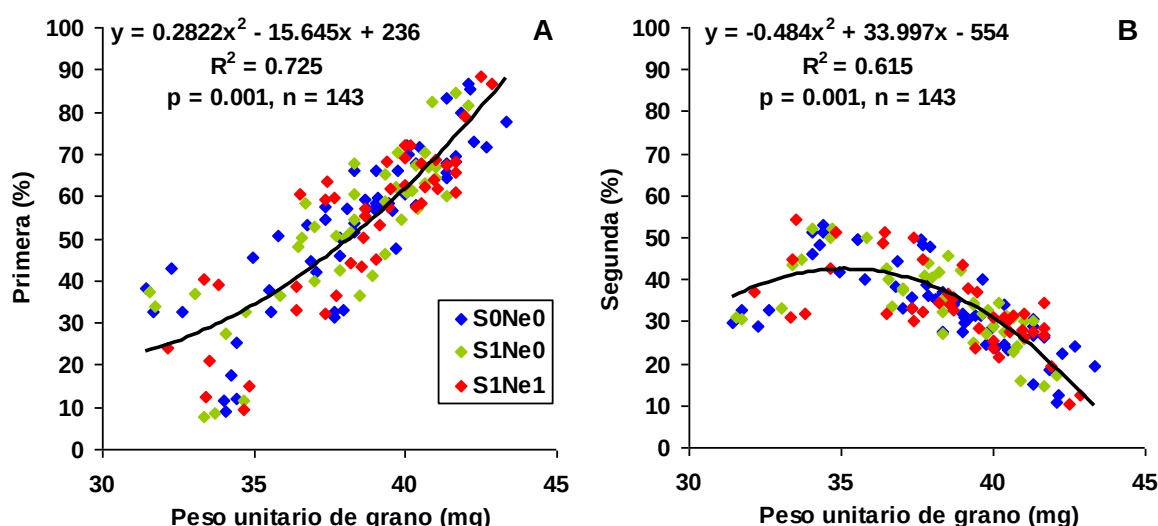


Figura 3: Relación entre la primera (A) y la segunda fracción (B) y el peso unitario de grano. Cada punto indica la media de tres o cuatro repeticiones (según el caso) pertenecientes a un mismo tratamiento en un experimento.

## AGRADECIMIENTOS

A Fertilizar Asociación Civil por el apoyo económico recibido y a Maltería Pampa S.A., en particular al Ing. Agr. Daniel Desmery del Laboratorio de la Planta Tres Arroyos, por los análisis de calidad de las muestras de cebada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Briggs D.E. 1998. Malts and malting. Blackie Academic & Professional. Londres.
- Eagles, H.A., A.G. Bedgood, J.F. Panozzo & P.J. Martin. 1995. Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. Aust. J. Agric. Res. 46: 831-844
- McKenzie, R. H., A. B. Middleton & E. Bremer. 2005. Fertilization, seeding date, and seeding rate for malting barley yield and quality in southern Alberta. Can. J. Plant Sci. 85: 603-614.
- Passarella, V. S., R. Savin, & G.A. Slafer. 2003. Malting quality as affected by barley breeding (1944-1998) in Argentina. Euphytica 134: 161-167.
- Prystupa P., R. Bergh, G. Ferraris, T. Loewy, L. Ventimiglia, F.H. Gutierrez Boem y L. Couretot. 2008. Fertilización nitrogenada y azufrada en cebada cervecera cv. Scarlett. Informaciones Agronómicas 38: 5-11.

- Prystupa P., G. Ferraris, T. Loewy, F.H. Gutierrez Boem, L. Ventimiglia, L. Couretot y R. Bergh. 2012. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera cv. Scarlett en la provincia de Buenos Aires. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. 16-20 de abril de 2012. Actas en CD.
- Stark J.C. & B.D. Brown. 1987. Estimating nitrogen requirements for irrigated malting barley. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18: 433-444.
- Zhao F.J., S. Fortune, V.L. Barbosa, S.P. McGrath, R. Stobart, P.E. Bilsborrow, E.J. Booth, A. Brown & P. Robson. 2006. Effects of sulphur on yield and malting quality of barley. *J. Cereal Sci.* 43:369-377