

# Efectos de la aplicación de fertilizantes orgánico-minerales en un cultivo de cebada del SO Bonaerense (Argentina)

## The effects of organic-mineral fertilizer application of barley crop in SW Buenos Aires (Argentina)

Javier Ferrari<sup>1</sup>, Luciano Orden<sup>2,3</sup>, Nicolás Dagna<sup>3</sup>, Javier Andreu Rodríguez<sup>4</sup> & Raúl Moral<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup>EEA INTA Bariloche. Modesta Victoria 4450, 8400, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina

<sup>2</sup>EEA INTA Ascasubi. Ruta 3 Km 794, 8142, Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup>Dpto. Agronomía, UNS. San Andrés 800, 8000, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

<sup>4</sup>Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández, Carretera de Beniel, km 3.2, Orihuela, 03312 Alicante, Spain

(\*E-mail: raul.moral@umh.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28431>

### RESUMEN

La intensificación ganadera en la zona Pampeana genera grandes cantidades de residuos orgánicos que deben gestionarse adecuadamente para evitar impactos negativos en el ambiente. El compostaje se considera una forma de reciclar los estiércoles animales para valorar su capacidad como fertilizantes. La densificación del material pelletizado puede ser una alternativa para la aplicación de compost mejorando el transporte, el almacenamiento y la dosificación. El objetivo de este trabajo, consistió en evaluar el uso de fertilizantes órgano-minerales en base a compost, pelletizados como fuente de N y P en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y comparar su comportamiento respecto a fuentes de N y P inorgánicas. Se realizó un ensayo experimental a campo que incluyó 4 tratamientos y un testigo sin fertilización. Los fertilizantes P se aplicaron incorporados a la siembra y los fertilizantes N al macollaje en superficie. Se realizó el seguimiento de variables biofísicas no destructivas en estado vegetativo (Chl, LAI y fCOVER) y el rendimiento en grano (kg ha<sup>-1</sup>) a cosecha. No se encontraron diferencias significativa de los tratamientos aplicados, lo que sugiere que podrían reemplazarse de forma parcial los fertilizantes minereales e incorporarse materia orgánico al suelo reciclando y valorizándose residuos ganaderos.

**Palabras clave:** residuos orgánicos, compost, pellet, biofertilizantes, cebada.

### ABSTRACT

Livestock intensification in the Pampas area generates large quantities of organic wastes that must be properly managed to avoid negative impacts on the environment. Composting is considered to recycle animal manures to value their capacity as fertilizers. The densification of pelletized material can be an alternative for compost application, improving transportation, storage and dosage. The objective of this work was to evaluate the use of organo-mineral fertilizers based on pelletized compost as a source of N and P in barley (*Hordeum vulgare* L.) and compare their performance with inorganic sources of N and P. An experimental field trial was carried to evaluate the use of pelletized compost-based organo-mineral fertilizers as a source of N and P in barley (*Hordeum vulgare* L.). An experimental field trial was carried out including 4 treatments and a control without fertilization. P fertilizers were applied incorporated at sowing and N fertilizers at surface-applied. Non-destructive biophysical variables were monitored at the vegetative stage (Chl, LAI and fCOVER) and grain yield (kg ha<sup>-1</sup>) at harvest. No significant differences were found in the treatments applied, suggesting that mineral fertilizers could be partially replaced and organic matter could be incorporated into the soil by recycling and valorizing livestock residues.

**Keywords:** organic waste, compost, pellet, biofertilizer, barley.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.) es el tercer cereal del mundo por volumen de producción, detrás de maíz, arroz y trigo. La Argentina está dentro de los 10 primeros productores, aportando el 3% a la producción mundial con 4.8 millones de tn (USDA, 2022). El núcleo productivo de la cebada se ubica en el sur bonaerense de la región Pampeana, comercializándose un 50% a través del Puerto de Bahía Blanca.

Los requerimientos de fósforo (P) son de 4 kg P tonelada de grano cosechado (Ciampitti & García, 2007), fertilizándose en línea al momento de la siembra. El cultivo de cebada en la región pampeana presenta respuestas significativas al agregado de nitrógeno (N) (Prystupa *et al.*, 2008), en general las aplicaciones de N se realizan al comienzo del periodo vegetativo o en el momento de la siembra.

Por otro lado, la intensificación ganadera en la zona Pampeana genera grandes cantidades de residuos orgánicos que deben gestionarse adecuadamente para evitar impactos negativos en el ambiente (Burton & Turner, 2003). El compostaje se considera una forma de reciclar los estiércoles animales para valorar su capacidad como fertilizantes (Bernal *et al.*, 2009). Los compost a diferencia de los fertilizantes de síntesis química convencionales, liberan su contenido nutricional de forma paulatina (Orden *et al.*, 2022).

El volumen de compost necesario para poder cubrir los requerimientos nutricionales de grandes superficies de cultivos extensivos no es agrónomicamente viable. La densificación del material pelletizado y seco puede ser una alternativa para la aplicación de compost y abonos de origen animal, mejorando el transporte, el almacenamiento y la dosificación (Sarlaki *et al.*, 2021), además de poder aplicarse de forma mecanizada mediante sembradoras convencionales (Ferrari *et al.*, 2018) incorporados en línea al suelo o distribuidos de forma superficial. El objetivo de este trabajo, consistió en evaluar el uso de fertilizantes órgano-minerales en base a compost, pelletizados como fuente de N y P en el cultivo de cebada y comparar su comportamiento respecto a fuentes de N y P inorgánicas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

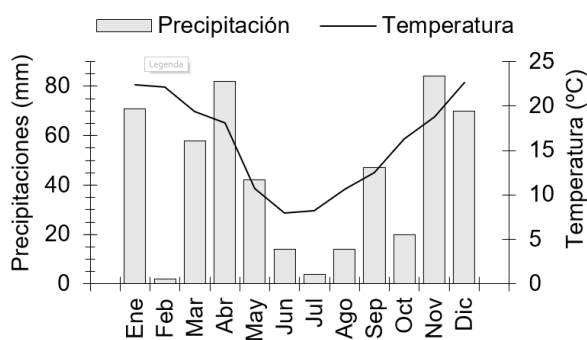
En la campaña 2021 se realizó un ensayo en condiciones de campo en las instalaciones de la Chacra Napostá Convenio UNS-MDA PBA (38°26'S, 62°17'O), sobre un suelo Paleustol Petrocálcico. El suelo de textura franco se caracterizó por tener un contenido de materia orgánica de 31 g kg<sup>-1</sup>, pH de 6.1, P-Bray de 23.8 mg kg<sup>-1</sup>, y el nivel de N-nitrato disponible previo a la siembra (0-60 cm) de 139 kg N ha<sup>-1</sup>.

Se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones (tamaño de parcela 3.5 m x 10 m), donde se evaluaron cuatro tratamientos y un testigo sin fertilización (Tabla 1), i) T: testigo sin fertilización, ii) 30P(i)+46N(i): fertilizado inorgánico con 30 kg P ha<sup>-1</sup> y 46 kg N ha<sup>-1</sup>, iii) 15P(om)+46N(i): P órgano-mineral a igual dosis de fertilizante (125 kg fertilizante ha<sup>-1</sup>) equivalente a 15 kg P ha<sup>-1</sup> y N inorgánico (46 kg N ha<sup>-1</sup>), iv) 30P(om)+46N(i): P órgano-mineral a igual dosis de nutriente (250 kg fertilizante ha<sup>-1</sup>) equivalente a 30 kg P ha<sup>-1</sup> y N inorgánico (46 kg N ha<sup>-1</sup>), y v) 30P(om)+46N(om): fertilizado órgano-mineral con 30 kg P ha<sup>-1</sup> y 200 kg fertilizante ha<sup>-1</sup> equivalente a 46 kg N ha<sup>-1</sup>. En todos los casos la fuente de P inorgánica fue fosfato monoamónico (MAP, 11-52-0) y de N inorgánica fue urea granulada (UREA, 46-0-0).

**Tabla 1** - Tratamientos de fertilización evaluados en el cultivo de trigo

Tratamiento	Dosis de nutriente (kg ha <sup>-1</sup> )		Dosis de fertilizante (kg ha <sup>-1</sup> )	
	P	N	P	N
T	0	0	0	0
30P(i)+46N(i)	30	46	130	100
15P(om)+46N(i)	15	46	125	100
30P(om)+46N(i)	30	46	250	100
30P(om)+46N(om)	30	46	250	200

La temperatura histórica (1960-2020) media anual del sitio del ensayo es 15.6 °C y la precipitación media anual 550 mm. Se pueden observar en la Figura 1 la temperatura media mensual y las precipitaciones durante el ciclo del cultivo.



**Figura 1** - Diagrama ombrotérmico, ciclo de cultivo 2021 en el sitio de ensayo Chacra Napostá UNS-MDA, PBA.

El 16/06/2021 se sembró cebada (*Hordeum vulgare* L. var. Andrea de Maltería Pampa) con semilla de poder germinativo= 99%, peso de 1000 semillas= 47.44 g, pureza= 95%, a una densidad de 150 plantas m<sup>-2</sup>, y a una distancia entre surcos de 17.5 cm (sembradora Juber®, modelo 3500). La fertilización P tanto inorgánica como órgano-mineral se realizó a la siembra de forma mecanizada, incorporando el fertilizante en la línea junto a la semilla, mientras que el N (ambas fuentes) se aplicó de forma manual en superficie en un estadio fenológico de dos macollos (Z23) el día 16/09/2021.

En dos momentos durante el ciclo del cultivo (16/09/2021 y 29/09/2021, Z32), se realizó el monitoreo de variables biofísicas en la vegetación de forma no destructiva. Se estimó el contenido de clorofila (Chl) mediante el uso de SPAD 502 Minolta® (Le Bail *et al.*, 2005). Adicionalmente, utilizando aplicaciones para smartphones se realizó la toma de medidas de índice de área foliar (LAI) mediante PocketLai® (Confalonieri *et al.*, 2013) y el porcentaje de cobertura del dosel (fCOVER) mediante Canopeo® (Patrignani & Ochsner, 2015).

El día 10/12/2021 se cosechó de forma manual 1 m<sup>2</sup> de cada unidad experimental (n=20) para evaluar el rendimiento en grano corrigiéndose por humedad constante (kg ha<sup>-1</sup>).

Para todas las variables muestreadas se realizó la comparación de medias utilizando el test de Tukey (5%) entre tratamientos mediante software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

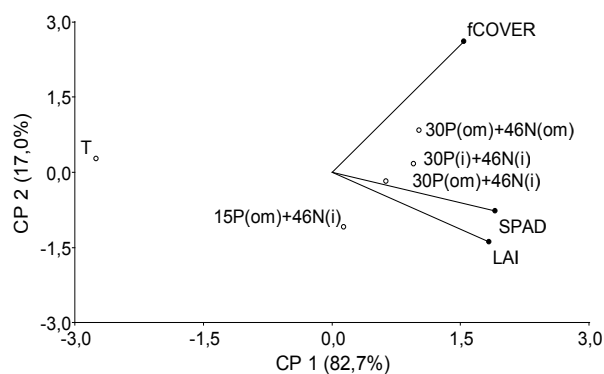
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de las precipitaciones durante los meses del ensayo fueron escasas (183 mm), siendo las lluvias de principio de mes de noviembre las que posibilitaron la continuidad del cultivo hasta la cosecha. Esto se reflejó en el promedio de los rendimientos obtenidos que estuvo por debajo del promedio zonal.

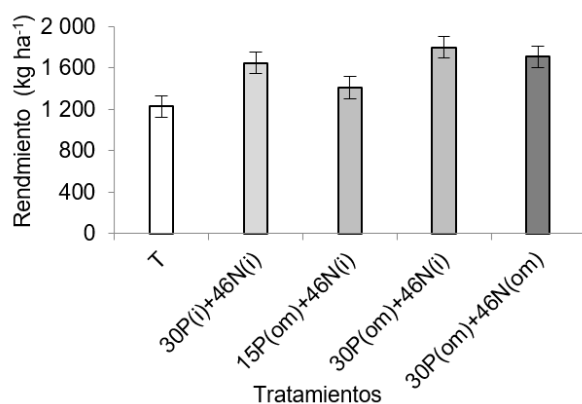
En el primer muestreo de variables biofísicas no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En el segundo muestreo (13 días después de la fertilización N) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y el control para la variable Chl ( $p < 0.01$ ). Se pudo observar una tendencia positiva para fCOVER y LAI de todos los tratamientos en comparación al testigo.

Adicionalmente, para predecir el efecto de los tratamientos de las variables biofísicas estudiadas se realizó un análisis multivariante de componentes principales (Figura 2). El conjunto de índices que explican un 81.4 % de la variabilidad total corresponde al CP1 con los mayores aportes de relevancia siguiendo la tendencia Chl > LAI > fCOVER. La CP2 explica el 16.3% de variabilidad con los mayores aportes de fCOVER, sin correlación con los tratamientos.

La fertilización con N y P incrementó el rendimiento del cultivo de cebada (Figura 3) aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Las condiciones climáticas desfavorables



**Figura 2** - Análisis multivariado por componentes principales de variables biofísicas del cultivo de cebada.



**Figura 3** - Rendimiento en grano del cultivo de cebada con distintos tratamientos de fertilización de N y P.

ocurridas durante el ciclo del cultivo, podrían haber enmascarado estos resultados.

Podemos observar que la reducción de la dosis de P de 30 a 15 kg ha<sup>-1</sup> manteniendo la dosis UREA [30P(i)+46N(i) vs 15P(om)+46N(i)] no afectó el rendimiento, mientras que tampoco se observó un efecto de la fuente de P, es decir, no hubo diferencias entre MAP y pellet órgano-mineral P [30P(i)+46N(i) vs 30P(om)+46N(i)]. Así mismo el tratamiento de

fertilización orgánico mineral P y N obtuvo un desempeño similar a la fertilización convencional.

## CONCLUSIONES

Se logró establecer el cultivo extensivo de cebada con maquinaria convencional fertilizada a la siembra con fertilizante P orgánico-mineral.

Los indicadores biofísicos con sensores portátiles demostraron ser una herramienta factible para el ajuste de la fertilización orgánico-mineral en el cultivo de cebada.

El uso de fertilizantes órgano-minerales con P y N incrementó 34% (400 kg ha<sup>-1</sup>) el rendimiento respecto al testigo sin fertilizar.

## AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen al personal técnico de la Chacra Napostá UNS-MDA PBA. Ensayo realizado con fondos FVT N° 294 (INTA- DAASONS S.A.) INTA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Argentina).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal, M.P.; Albuquerque, J.A. & Moral, R. (2009) - Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, vol. 100, n. 22, p. 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Burton, H. & Turner, C. (2003) - *Manure management, Treatment Strategies for Sustainable Agriculture*. 2nd ed. Silsoe Research Institute, Lister and Durling Printers, Flitwick, Bedford, UK.
- Confalonieri, R.; Foi, M.; Casa, R.; Aquaro, S.; Tona, E.; Peterle, M.; Boldini, A.; De Carli, G.; Ferrari, A.; Finotto, G.; Guarneri, T.; Manzoni, V.; Movedi, E.; Nisoli, A.; Paleari, L.; Radici, I.; Suardi, M.; Veronesi, D.; Bregaglio, S.; Cappelli, G.; Chiodini, M.E.; Dominoni, P.; Francone, C.; Frasso, N.; Stella, T. & Acutis, M. (2013) - Development of an app for estimating leaf area index using a smartphone. Trueness and precision determination and comparison with other indirect methods. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 96, p. 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.04.019>
- Ciampitti, I.A. & García, F.O. (2007) - Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, oleaginosos e industriales. *Archivo Agronómico*, n. 11 Informaciones Agronómicas N° 33 IPNI- Cono Sur.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. & Robledo C.W. (2016) - *InfoStat versión*. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Ferrari, J.L.; Dosanto, A.M.; Tittonell, P.A.; Reuque, R. & Gazzotti, J.I. (2018) - Aplicación defertilizantes orgánicos-pellets con sembradoras convencionales. In: *XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Tucumán, Argentina.
- Le Bail, M.; Jeuffroy, M.E.; Bouchard, C. & Barbottin, A. (2005) - Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? *European Journal of Agronomy*, vol. 23, n. 4, p. 379-391. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.02.003>
- Orden, L.; Iocoli, G.A.; Bustamante, M.A.; Moral, R. & Rodríguez, R.A. (2022) - Nutrient Release Dynamics in Argentinean Pampean Soils Amended with Composts under Laboratory Conditions. *Agronomy*, vol. 12, n. 4, art. 795. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040795>
- Patrignani, A. & Ochsner, T. (2015) - Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. *Agronomy Journal*, vol. 107, n. 6, p. 2312-2320. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0150>
- Prystupa, P.G.; Ferraris, G.; Bergh, R.; Loewy, T.; Ventimiglia, L. & Gutierrez Boem, F.H. (2008) - Fertilización de Cebada Cervecera cv. Scarlett: IV. Modelo de respuesta del contenido proteico a la Fertilización Nitrogenada. In: *XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. San Luis.
- Sarlaki, E.; Kermani, A.M.; Kianmehr, M. H.; Vakilian, K.A.; Hosseinzadeh-Bandbafha, H.; Ma, N.L.; Aghbashlo, M.; Tabatabaei, M. & Lam S.S. (2021) - Improving sustainability and mitigating environmental impacts of agro-biowaste compost fertilizer by pelletizing-drying. *Environmental Pollution*, vol. 285, art. 117412. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117412>
- USDA (2022) - *World Production, Markets, and Trade Report. USA*. Foreign Agricultural Service. <https://www.fas.usda.gov/commodities/barley>