

Uso de fertilizantes orgánicos (bokashi y supermagro) en agricultura extensiva

*Mariano F. Lopresti, **M. Juliana Torti
Mayo 2021

Palabras clave: Rendimiento, Zonas periurbanas, Fertilización edáfica, Fertilización foliar, NDVI.

Introducción

Actualmente la producción extensiva se hace a base de fertilizantes inorgánicos que suplen las necesidades de los cultivos para alcanzar los rendimientos esperados mientras los suelos continúan con balances negativos de nutrientes. Frente a una sociedad que demanda en forma creciente alimentos producidos de una forma más respetuosa del medio ambiente, surgen las alternativas del uso de abonos o fertilizantes orgánicos, elaborados a base de productos considerados muchas veces como residuos contaminantes cuando no son tratados y dispuestos correctamente. Esto si se hace adecuadamente permite atender dos problemas a la vez, por un lado, se mejora el nivel de reposición de nutrientes y se contrarresta la pérdida de materia orgánica, y por el otro, se evitan acumulaciones de residuos, minimizando el riesgo de contaminación (Gange, 2016). Además, las nuevas normativas que restringen las aplicaciones de agroquímicos en las zonas periurbanas en un número de hectáreas cada vez más creciente, demandan insumos alternativos para poder continuar en producción. Estos abonos o fertilizantes orgánicos no solo sustentan la producción del cultivo aportando nutrientes y materia orgánica al suelo, sino que también mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas edáficas (Picado y Añasco, 2005). Los abonos orgánicos pueden incrementar el tamaño, la biodiversidad y la actividad de la población microbiana del suelo (Albiach *et al.*, 2000).

Los abonos orgánicos fermentados son el resultado de un proceso de descomposición (puede ser aeróbica o anaeróbica) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, que existen en los residuos, bajo condiciones controladas, y que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables. Los fertilizantes orgánicos poseen una mayor acción residual en los sistemas productivos respecto a los fertilizantes de síntesis química. Los fertilizantes orgánicos poseen como principales ventajas el mantenimiento de la estructura del suelo, la liberación balanceada de nutrientes, la provisión de cargas para la capacidad de intercambio catiónico, la incorporación de materia orgánica y de microorganismos predadores de plagas y agentes causales de enfermedades en plantas; además de favorecer el crecimiento radical (Bocoli *et al.*, 2020). Presentan la ventaja de aportar elementos orgánicos acompañando a los macro y micronutrientes que los fertilizantes químicos no poseen (vitaminas, enzimas, antibióticos) (Bragachini *et al.*, 2014).

Son varios los tipos de abonos orgánicos que se pueden utilizar, pueden ser sólidos, como el compost, el humus de lombriz, el bokashi y los abonos verdes o líquidos como los biofertilizantes, los lixiviados de humus de lombriz y compost y los digeridos; en todos estos la acción de los microorganismos es indispensable para su preparación y funcionamiento. El uso de los abonos orgánicos no es una práctica tecnológica nueva, sino por el contrario tiene su origen desde que nació la agricultura (Estrada Navarro, 2010). El objetivo prioritario de los

abonos orgánicos es el suelo y no la planta. Lo que se busca es recuperar el potencial nutricional del suelo con fuentes de todos los elementos y principalmente con microorganismos. Son estos los que con el tiempo darán el equilibrio dinámico que va a permitir que las plantas se nutran adecuadamente del suelo. En la medida en que mejore el suelo, los cultivos lograrán un mejor desarrollo y las plantas alcanzarán su potencial productivo, con una mejor calidad, menos trabajo y garantizándose así continuar practicando la agricultura a largo plazo (Picado y Añasco, 2005).

El bokashi es un método de preparación de abono orgánico sólido de origen japonés. Es un método de compostaje, donde se produce una fermentación aeróbica de residuos mediante la inoculación de microorganismos que aceleran el proceso acortando el tiempo de obtención del abono. Se prepara a base de estiércol de gallina, carbón vegetal, cascarilla de arroz, salvado de arroz o afrecho, melaza, levadura, tierra, cal agrícola y agua, aunque estas materias primas pueden reemplazarse por otras que cumplan las mismas funciones y sean más fáciles de conseguir, adaptándose a las condiciones y posibilidades de cada lugar. El tiempo que transcurre desde que se lo prepara hasta que está apto para su aplicación es breve, puede requerir unos 10 o 15 días para estar listo para su aplicación. Sin embargo, es mejor si se aplica después de los 25 días para dar tiempo a un proceso de maduración (Picado y Añasco, 2005; Restrepo Riveras, 2007).

El biofertilizante supermagro es un abono líquido que se obtiene mediante la biofermentación anaeróbica de estiércol vacuno fresco disuelto en agua y enriquecido con leche o suero, melaza o jugo de caña y ceniza. También se añaden harina de rocas molidas o algunos minerales para completar la calidad nutritiva del biofermento, entre los que están: fósforo, zinc, calcio, magnesio, boro, cobre y potasio. Éstos se agregan de acuerdo a la receta original o sólo aquellos que a través de un análisis de laboratorio se determinan como deficientes, ya que no se trata de una receta fija y su preparación puede variar de acuerdo a la finalidad de su aplicación. Puede aplicarse foliarmente a los cultivos, al suelo, a las semillas y sobre pilas de compost (Restrepo Rivera, 2007). El proceso de biofermentación realizado por los microorganismos hace que los materiales primarios que se utilizan se transformen en formas disponibles para las plantas (Picado y Añasco, 2005). Este proceso de biofermentación (30 a 90 días), lleva a que estos abonos además de nutrientes aporten vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran riqueza microbiana que contribuye a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, haciéndose ésta resistente a plagas y a enfermedades (Picado y Añasco, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar si es posible reemplazar el uso de fertilizantes inorgánicos por fertilizantes orgánicos en la producción de trigo sin que se vean afectados los rendimientos. Mediante la realización de un ensayo en un cultivo de trigo se comparó el uso de distintas dosis de bokashi y biofertilizante foliar supermagro (BFS) frente al uso de urea.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en Teodelina, provincia de Santa Fe, en un lote de producción cuya caracterización química puede observarse en la tabla 1. En parcelas de 265 m de largo por 20 m de ancho, se practicaron los siguientes tratamientos: Convencional (C) (360 kg ha^{-1} de urea), solo BFS, 3300 kg ha^{-1} , 6600 kg ha^{-1} , 9900 kg ha^{-1} , 13200 kg ha^{-1} y 16500 kg ha^{-1} de bokashi. A todos los tratamientos con distintas dosis de bokashi se les realizaron las mismas aplicaciones de BFS que al tratamiento con solo BFS.

Tabla 1. Análisis químico de suelo previo al ensayo

Variable	Valor
pH	5,8
CE (dS m ⁻¹)	0,10
C (mg g ⁻¹)	17,4
N (mg g ⁻¹)	1,50
Pe (mg kg ⁻¹)	21,0
N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)	9,1
Ca (cmol kg ⁻¹)	9,5
Mg (cmol kg ⁻¹)	2
K (cmol kg ⁻¹)	1,1
Na (cmol kg ⁻¹)	0,2
CIC (cmol kg ⁻¹)	17,1
PT (mg kg ⁻¹)	493

CE: Conductividad eléctrica, C: Carbono orgánico total, N: Nitrógeno Kjeldahl, Pe: Fósforo extractable, N-NO₃: Nitrógeno de nitrato, Ca: Calcio intercambiable, Mg: Magnesio intercambiable, K: Potasio intercambiable, Na: Sodio intercambiable, CIC: Capacidad de intercambio catiónico, PT: Fósforo total.

En las tablas anexas A y B se muestran los análisis químicos del bokashi y el BFS. Las distintas dosis de bokashi se aplicaron previo a la siembra del trigo a través del uso de una desparramadora. El trigo sembrado fue DM Ceibo y la fecha de siembra el 25/06/2019. El BFS se aplicó al 5%, a través de un pulverizador, en todos los tratamientos excepto en la parcela de tratamiento convencional. Las fechas de aplicación del BFS fueron: 19/07, 09/08, 24/08, 02/09, 13/09 y 28/09. El BFS se aplica diluyendo en agua el preparado en dosis que pueden variar entre el 2% y el 10%, para evitar problemas de fitotoxicidad, y puede aplicarse cada 15 días (Picado y Añasco, 2005). En ensayos a campo la sensibilidad de las plantas a compuestos fitotóxicos puede ser superada por mecanismos de adaptación de las mismas (Barral y Paradelo Nuñez, 2011), lo cual podría redundar en una mayor tolerancia de los cultivos a dichos compuestos.

Durante el transcurso del ensayo se realizaron mediciones del índice de vegetación NDVI con un sensor portátil (Trimble GreenSeeker). Los valores de NDVI van de -1 a 1. Dicho índice posee una estrecha relación con el vigor de la vegetación y es reconocido por su habilidad para monitorear el ciclo de crecimiento de los cultivos (Groten 1993, Chuvieco Salinero 2002). El ensayo se cosechó el 01/12/2019. Una vez cosechado el trigo se realizó un análisis de suelo postcosecha por cada tratamiento.

Resultados y discusión

Los resultados del rendimiento del trigo (tabla 2) muestran que con una dosis de 9900 kg ha⁻¹ o 13200 kg ha⁻¹ más las aplicaciones del BFS pueden alcanzarse rendimientos similares o superiores a los obtenidos con la fertilización convencional (360 kg urea ha⁻¹). El rendimiento más bajo se observó en el tratamiento con BFS solamente; lo cual estaría demostrando que la fertilización foliar es un complemento de la fertilización edáfica, pero no la reemplaza. La investigación ha demostrado que es factible alimentar a las plantas por vía foliar, en particular cuando se trata de corregir deficiencias de elementos minoritarios. En el caso de los elementos mayoritarios como el nitrógeno, actualmente se reconoce que la nutrición foliar solamente puede complementar y en ningún caso substituir la fertilización edáfica. Esto se debe a que las dosis de aplicación que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas, en relación con los niveles de fertilización utilizados por los cultivos para alcanzar altos niveles de productividad (Ronen, 2008; IPNI, 2020).

En el análisis de suelo postcosecha (tabla 3) se observó un aumento pronunciado del Pe en todos los tratamientos con fertilizantes orgánicos respecto del tratamiento convencional. Esto coincide con lo publicado por Gange (2016) en un ensayo en el cuál se evaluó el efecto de la

cama de pollo sobre la producción de trigo y maíz, donde se halló que el Pe fue el único parámetro afectado por el agregado de la cama de pollo. Dentro de los tratamientos con fertilizantes orgánicos el valor más bajo de Pe fue 38,3 ppm, con una diferencia de 17,3 ppm con respecto al valor de Pe del suelo previo a la siembra (21 ppm). En el tratamiento con una dosis de bokashi de 16500 kg ha⁻¹, si bien se observó el mayor rendimiento de trigo, el pH del suelo disminuyó a valores que pueden perjudicar la disponibilidad de ciertos nutrientes.

Respecto a la variación del NDVI durante el ciclo del cultivo (tabla 4), la mejor relación entre el índice y el rendimiento ocurre alrededor de anthesis (Lopresti *et al*, 2015). En la zona de estudio dicha etapa fenológica ocurre en la segunda quincena de octubre. En las mediciones del índice realizadas los días 18 y 28 de octubre, los valores en los tratamientos con 13200 kg ha⁻¹ y 16500 kg ha⁻¹ de bokashi fueron semejantes al tratamiento convencional, en los tratamientos con aplicación de bokashi por debajo de los 9900 kg ha⁻¹ los valores del índice fueron más bajos que en el tratamiento convencional. Pequeñas variaciones del índice, en el momento de mayor relación con el rendimiento, pueden implicar diferencias importantes de producción. Un incremento de 0,1 en el valor del NDVI implicó un incremento de 2 t ha⁻¹ en el rendimiento de grano de cereales (Panek y Gozdowski, 2020).

Tabla 2. Rendimiento del trigo por tratamiento

	Convencional	BFS	Dosis de bokashi (kg ha ⁻¹)				
			3300	6600	9900	13200	16500
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	4583	3940	4189	4189	4335	5143	5433

Tabla 3. Análisis del suelo postcosecha

	Convencional	BFS	Dosis de bokashi (kg ha ⁻¹)				
			3300	6600	9900	13200	16500
pH	5,7	5,9	5,9	5,6	5,7	5,9	4,5
CE (dS m ⁻¹)	0,1	0,09	0,07	0,11	0,06	0,14	0,12
C (g kg ⁻¹)	12	19,5	17,6	19,5	14,6	15	11,6
N (g kg ⁻¹)	1,18	1,69	1,47	1,78	1,34	1,45	1,19
Pe (mg kg ⁻¹)	28,8	66,9	38,3	89,6	38,3	64,4	45
N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)	21	9,5	4,3	8,8	5,3	6	6,9
Ca (cmol kg ⁻¹)	7,92	9,5	9,9	9,11	9,5	8,32	6,73
Mg (cmol kg ⁻¹)	1,98	0,79	1,98	1,98	1,19	0,79	1,98
K (cmol kg ⁻¹)	1,1	1,6	1,6	1,9	1,4	1,5	1,2
Na (cmol kg ⁻¹)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2
CIC (cmol kg ⁻¹)	14,4	17,9	20,6	20,1	18,7	16,7	14,1
PT (mg kg ⁻¹)	386	553	526	606	471	497	432

CE: Conductividad eléctrica, C: Carbono orgánico total, N: Nitrógeno Kjeldahl, Pe: Fósforo extractable, N-NO₃: Nitrógeno de nitrato, Ca: Calcio intercambiable, Mg: Magnesio intercambiable, K: Potasio intercambiable, Na: Sodio intercambiable, CIC: Capacidad de intercambio catiónico, PT: Fósforo total.

Tabla 4. NDVI por tratamiento

Fecha	Convencional	BFS	Dosis de bokashi (kg ha ⁻¹)				
			3300	6600	9900	13200	16500
23-07	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
26-07	0,22	0,22	0,21	0,22	0,23	0,22	0,22

31-07	0,22	0,22	0,225	0,235	0,225	0,22	0,225
08-08	0,32	0,35	0,35	0,375	0,37	0,37	0,375
16-08	0,42	0,41	0,41	0,43	0,435	0,47	0,475
23-08	0,49	0,46	0,49	0,5	0,5	0,57	0,62
30-08	0,5	0,52	0,54	0,55	0,54	0,62	0,62
06-09	0,5	0,51	0,53	0,51	0,5	0,6	0,66
13-09	0,52	0,5	0,56	0,57	0,53	0,61	0,67
20-09	0,62	0,62	0,64	0,62	0,6	0,66	0,7
27-09	0,64	0,63	0,67	0,66	0,64	0,7	0,75
04-10	0,77	0,74	0,74	0,72	0,72	0,77	0,78
11-10	0,75	0,7	0,72	0,73	0,73	0,77	0,77
18-10	0,765	0,71	0,725	0,72	0,72	0,75	0,75
28-10	0,755	0,69	0,71	0,71	0,7	0,73	0,76

Conclusiones

A partir de este trabajo podemos concluir que es posible reemplazar el uso de fertilizantes inorgánicos por fertilizantes orgánicos en la producción de trigo sin que se vean afectados los rendimientos. Una dosis de bokashi entre los 9900 kg ha⁻¹ y 13200 kg ha⁻¹ más el agregado de BFS sustituyó una fertilización convencional con 360 kg ha⁻¹ de urea. El uso de la fertilización foliar solamente no pudo sustituir a la fertilización edáfica. Es necesario prolongar este ensayo en el tiempo para poder evidenciar los beneficios que aporta el hecho de sustituir la fertilización inorgánica por la orgánica más allá de los rendimientos (enriquecimiento en MO, nutrientes, microorganismos, etc.), ya que dichos efectos están mediados por procesos que exceden los tiempos de una campaña y una sola aplicación; como así también para prevenir problemas de contaminación por acumulación de nutrientes en el perfil. Asimismo, en futuros trabajos sería interesante evaluar los márgenes económicos realizando una fertilización con abonos orgánicos versus una fertilización convencional.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Hernán Bueno y su familia, propietarios del establecimiento donde se realizó el ensayo, quienes nos brindaron los datos para la realización de este trabajo.

Todos los análisis de las muestras de suelo, de bokashi y del BFS fueron realizados en el Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelo y Agua del INTA Pergamino.

Bibliografía

- Albiach R.; Canet R.; Pomares F.; Ingelmo F. 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 75: 43-48.
- Barral; Paradelo Nuñez. 2011. A review on the use of phytotoxicity as a compost quality indicator. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 5: 36-44.
- Bragachini M.A.; Huerga I.; Mathier D.F.; Sosa N. 2014. Residuos pecuarios: Una problemática que puede transformarse en oportunidad. Resumen de las ponencias referidas al manejo de residuos en los sistemas de producción animal desarrolladas en la Segunda Jornada Nacional de Gestión de Residuos. <http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/66-INTAResiduospecuarios2014.pdf>. Consultado 22-06-2020.
- Bocoli F.A.; Marcon J.A.; Izidoro M.; Bortolon P.T.; Oliveira S.E.R.; Spalevic V.; Souza P.S. 2020. Bokashi use in the passionfruit (*Passiflora edulis* L.) germination and initial growth. *Agriculture & Forestry*. V66(4): 101-111.
- Chuvieco Salinero E. 2002. Análisis de imágenes: Extracción de información temática, pp. 315-471. In: Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel.
- Estrada Navarro E. A. Manual Elaboración de Abonos Orgánicos Sólidos, Tipo Compost. Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola. ICTA-CIAL, Quetzaltenango febrero de 2010. Guatemala. 25pp.
- Gange M.J. 2016. Cama de pollo en Entre Ríos. Aportes para su uso y manejo. INTA Ediciones. 87 pp.

Groten S.M.E. 1993. NDVI-crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso. *International Journal of Remote Sensing*; 14: 1495-1515.

IPNI, Informaciones agronómicas nº 25. En: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2607C656965830608525801200607C31/\\$FILE/Art%202.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2607C656965830608525801200607C31/$FILE/Art%202.pdf) Consultado 19/08/2020.

Lopresti M.F.; Di Bella C.M.; Degioanni A.J. 2015. Relationship between MODIS-NDVI data and wheat yield: A case study in Northern Buenos Aires province, Argentina. *Information Processing in Agriculture*; 2(2):73-84.

Panek; Gozdowski. 2020. Analysis of relationship between cereal yield and NDVI for selected regions of Central Europe based on MODIS satellite data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17.

Picado J.; Añasco A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Serie Agricultura Orgánica N°8. Editado por: Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. Costa Rica. 66 pp.

Restrepo Rivera J. 2007. Manual práctico El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas. Servicio de Información Mesoamericano Sobre Agricultura Sostenible. Nicaragua. 262 pp.

Ronen, E. 2008. Fertilización foliar otra exitosa forma de nutrir a las plantas. Informe frutihortícola nº 275 p20. En <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/fertilizacion-foliar-otra-exitosa-forma-de-nutrir-a-las-plantas.pdf>

Material suplementario

Tabla anexa A. Análisis químico del bokashi

Variable	Valor
pH	8,9
CE (dS m ⁻¹)	6,04
H (%)	26
MS (%)	74
MO (%)	40
Cenizas (%)	60
COT (%)	16
Nk (%)	1,37
N-NH ₄ (mg kg ⁻¹)	17
N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)	17
N-NH ₄ /N-NO ₃	1
C/N	12
PT (%)	0,54
Ca T (%)	4,93
Mg T (%)	0,47
Na T (%)	0,49
K T (%)	1,42
Dap (kg m ⁻³)	441
RB (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	624
IG (%)	64

CE: Conductividad eléctrica, H: Humedad, MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, COT: Carbono orgánico total, Nk: Nitrógeno kjeldahl, N-NH₄: Nitrógeno de amonio, N-NO₃: Nitrógeno de nitrato, N-NH₄/N-NO₃: Relación amonio:nitrato, C/N: Relación carbono:nitrógeno, PT: Fósforo total, Ca T: Calcio total, Mg T: Magnesio total, Na T: Sodio total, K T: Potasio total, Dap: Densidad aparente, RB: Respiración basal, IG: Índice de germinación utilizando *lactuca sativa*.

Tabla anexa B. Análisis químico del biofertilizante foliar supermagro

Variable	Valor
pH	4,1
CE (dS m ⁻¹)	5,79

NT (mg l ⁻¹)	620
N-NH ₄ (mg l ⁻¹)	28
N-NO ₃ (mg l ⁻¹)	10
PT (mg l ⁻¹)	204
ST (mg l ⁻¹)	933
SV (mg l ⁻¹)	19
IG (0,01%)	98
IG (0,1%)	81
IG (1%)	111
IG (3%)	70
IG (5%)	45
IG (8%)	14
IG (10%)	5

CE: Conductividad eléctrica, NT: Nitrógeno total, N-NH₄: Nitrógeno de amonio, N-NO₃: Nitrógeno de nitrato, PT: Fósforo total, ST: Sólidos totales, SV: Sólidos volátiles, IG: Índice de germinación utilizando *lactuca sativa* expuesta a diferentes concentraciones del BFS.