

The Biologist (Lima), 2017, 15(2), jul-dec: 351-358.



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

INCREASING PROFITABILITY IN MAIZE PRODUCTION IN PERU: N-FERTILISER AND BIOCHAR

INCREMENTO DE RENTABILIDAD EN PRODUCCIÓN DEL MAÍZ EN PERÚ: N-FERTILIZANTES Y BIOCHAR

Brenton Ladd^{1,2}; Sebastian Dumler¹; Estefany Loret de Mola¹; Ruy Anaya de la Rosa³ & Nils Borchard⁴

¹Escuela de Agroforestería, Universidad Científica del Sur, Lima 33, Perú

²School of Biological, Earth and Environmental Sciences, University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia.

³Starfish Initiatives, Armidale, NSW 2350, Australia

⁴Ruhr-University Bochum, Institute of Geography, Soil Science/Soil Ecology, Universität strasse, 150, 44801 Bochum, Germany

Autor para correspondencia: brenton.ladd@gmail.com

ABSTRACT

While many studies have focused on the agronomic advantage of using biochar, few studies have analyzed its economic benefits in agriculture. The objective of this study was to evaluate the effects of biochar application in different concentrations with granular nitrogen fertilizers, to assess a possible strategy for profitable use of biochar in conventional agriculture. The experimental design was a randomized complete block, with 5 replicates per treatment. Soil fertility treatments were: 1) 0 kg Urea 2) 380.5 kg Urea / ha, 3) 285 kg Urea + 95 kg biochar / ha, 4) 190 kg Urea + 190 kg biochar / ha. After four months of treatment application, the finished corn grain was harvested and dried to determine the weight. The obtained data were analyzed by ANOVA and the Tukeys HSD test. We identified considerable economic benefits of using biochar as a co-product with granular nitrogen fertilizers in corn cultivation, obtaining an increase in crop yield and higher profitability, when compared to use of granular nitrogen fertilizer alone.

Key words: biochar – granular nitrogen fertilizers – soil fertility – profitability

RESUMEN

Mientras la mayoría de estudios enfocados en biochar destacan los beneficios de su utilización, solo una cantidad pequeña de investigaciones no han demostrado beneficios económicos considerables que permitan promover su uso ampliamente en la agricultura. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de biochar en diferentes concentraciones con los N-fertilizantes granulares, para demostrar una forma potencialmente rentable para promover su uso extendido por agricultores. El delineamiento experimental fue en bloques completos al azar, con 5 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos de fertilidad del suelo se constituyeron: 1) 0 kg Urea 2) 380,5 kg Urea/ha, 3) 285 kg Urea + 95 kg biochar /ha, 4) 190 kg Urea + 190 kg biochar/ha. Cuatro meses después de la aplicación de los tratamientos se cosechó el grano de maíz terminado y se procedió a su secado, para determinar el peso. Los datos obtenidos se analizaron a través de ANOVA y la prueba de Tukeys HSD. Como resultado principal se identificaron efectos considerables del uso de biochar como co-producto con los N-fertilizantes granulares en el cultivo de maíz, obteniendo un aumento en el rendimiento del cultivo y mayor rentabilidad, en comparación con la ausencia de biochar en la fertilización.

Palabras clave: biocarbón – N-fertilizantes granulares – fertilidad del suelo – rentabilidad

INTRODUCCIÓN

Recientemente, el biochar ha atraído mucha atención debido a su rol promisorio como nueva tecnología ante muchos desafíos ambientales (Qambrani *et al.*, 2017). El biochar es el producto sólido obtenido de la carbonización de la biomasa a través de pirolisis (Botnen Smebye *et al.*, 2017), que al ser aplicado en el suelo aumenta tanto la fertilidad como la cantidad de carbono en el mismo medio (Van Zwieten *et al.*, 2010). El concepto del biochar como enmienda del suelo se inspiró en las Tierras Oscuras Amazónicas (Amazonian Dark Earth - ADE), también conocidas como Terra Preta de Índio (Fig. 1). Las Tierras Oscuras Amazónicas son parcelas de suelos muy fértiles en términos de nutrientes y contenido de materia orgánica dentro de la región amazónica, formados a partir de un biocarbón hecho de excrementos, restos de animales y plantas, y otros (Francischinelli Rittl *et al.*, 2015). En los últimos años, las Tierras Oscuras Amazónicas han servido como modelo de prácticas agrícolas sostenibles y secuestro de CO₂ a largo plazo en ecosistemas terrestres (Glaser & Birk, 2012), ofreciendo una alternativa a las políticas

ambientales sobre cambio climático como para el manejo de residuos y la contaminación (Lehmann *et al.*, 2010; Kwapinski *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2014; Weng *et al.*, 2017).

No obstante, la mayoría de las investigaciones enfocadas en el uso de biochar no han demostrado beneficios económicos considerables que permitan promover su uso ampliamente en la agricultura (Bach *et al.*, 2016). Ante este vacío, y en ausencia de robustas políticas públicas climáticas por parte de los gobiernos alrededor del mundo – por ejemplo, no se considera elegible la reducción de emisiones mediante la estabilización del carbono en los suelos para créditos de carbono bajo el Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (Sohi *et al.*, 2010) - se hace indispensable el desarrollo de formulaciones de biochar que tengan una clara propuesta de valor económico para los agricultores. Puesto que, sin este incentivo económico es poco probable que evidenciamos el uso efectivo y generalizado del biochar en la agricultura, necesario para obtener el gran potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) que es posible lograr con el biochar (Woolf *et al.*, 2010).



Figura 1. Tierras Oscuras Amazónicas. Derecho: perfil de un suelo tropical, e izquierda el perfil del mismo tipo del suelo transformado por los pueblos originarios de la Amazonia utilizando desechos orgánicos carbonizados. Fotografías por Bruno Glaser.

Afortunadamente, se está expandiendo con mayor énfasis una estrategia para lograr beneficios económicos a través del uso de biochar en la agricultura dentro de las negociaciones internacionales sobre el cambio climático, aumentando las expectativas que el uso del biochar pueda ser reconocido como una tecnología de mitigación y adaptación climática en el futuro (Leach et al., 2012). Estudios recientes han demostrado de manera convincente que el biochar tiene el potencial de mantener el nitrógeno en el suelo, reduciendo pérdidas inútiles por lixiviación y vías gaseosas (Cayuela et al., 2014), mientras mantiene la disponibilidad del nitrógeno en el suelo por los cultivos (Spokas et al., 2012; Taghizadeh-Toosi et al., 2012; Schmidt et al., 2015; Kammann et al., 2015; Shepherd et al., 2016).

Como parte del proyecto “Biochar for Sustainable Soils” (B4SS) financiado por el GEF (Global Environment Facility) venimos trabajando en San Ramón, Perú - donde la eficiencia del uso de fertilizantes granulares llega a ser tan baja como el 10% - desarrollando formulaciones de biochar que poseer claras ventajas económicas para los agricultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en la Finca Santa Rosa en Villa Rica (10° 45' 57" S y 75° 15' 43" O), lado oriental de los Andes en Perú. La vegetación natural de la zona es ceja de selva tropical, siendo San Ramón una de las principales regiones

productoras de café en el Perú. El cultivo de maíz por pequeños productores de café se desarrolla principalmente como alimento para sus pollos.

El experimento se delinea como un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos experimentales y cinco repeticiones por tratamiento: 1) control, sin fertilización, 2) aplicación de urea a la tasa recomendada por NSW DPI para cultivo de maíz, 380,5 kg de Urea por hectárea, 3) 285 kg de Urea adicionando 95 kg de biochar por ha, 4) 190 kg de Urea adicionando 190 kg de biochar por ha. La urea

es 46% de nitrógeno, entonces 380,5 kg de urea equivalen a 175 kg de nitrógeno. Las repeticiones en cada tratamiento consistían en tubos de PVC de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro y enterrados a 25 cm, de tal forma que 5 cm de cada tubo se encontraran por encima de la superficie del suelo. En el caso de los tratamientos 3 y 4, el biochar y la urea se mezclaron antes de su aplicación al suelo.

El biochar utilizado en este experimento fue producido a partir de una combinación de estiércol de pollo y residuos verdes municipales utilizando un reactor de cortina de llamas denominado Kon Tiki, en Lima (Cornelissen *et al.*, 2016) (Fig. 2.).



Figura 2. Kon Tiki en proceso de producción.

En octubre de 2016, se sembraron tres semillas en cada tubo experimental añadiéndose las concentraciones de fertilizante y biochar correspondientes. Posterior a tres semanas, se regresó al sitio experimental y se procedió a disminuir la muestra en los tubos experimentales a una planta por tubo.

En enero de 2017, se procedió a cosechar el grano de maíz terminado. El grano de maíz se secó hasta un peso constante para determinar su peso.

Los resultados se analizaron por ANOVA y la prueba de Tukeys HSD.

RESULTADOS

DISCUSIÓN

En este experimento se aplicó fertilizantes nitrogenados sintéticos a las plantas de maíz acorde a las dosis recomendadas (175 kg N/Ha) para este cultivo. Posteriormente, se redujo la tasa de aplicación de N sustituyendo el N-fertilizante no utilizado con biochar, en base a residuos verdes municipales y estiércol de pollo. Esta estrategia se tradujo en un aumento del rendimiento del cultivo (Fig. 3) y en una disminución de costos debido a que el costo del biochar, elaborado a partir de productos de desecho, es aproximadamente la mitad del costo del fertilizante nitrogenado sintético (Tabla 1). Por ende, la sustitución del N-Fertilizante granular por biochar puede mejorar significativamente la rentabilidad del cultivo del maíz

La base mecanicista en el aumento del rendimiento que se evidencia al combinar biochar con N-fertilizantes granulares parece estar atribuida a la composición del biochar que se produjo, respaldada en la propia capacidad del biochar para mantener disponibles los nutrientes aplicados en el suelo, previniendo pérdidas a través de la lixiviación o vías gaseosas (Spokas *et al.*, 2012; Schmidt *et al.*, 2015; Kammann *et al.*, 2015; Shepherd *et al.*, 2012).

No obstante, dentro de las principales limitaciones cabe resaltar el tamaño de la investigación, puesto que al ser pequeña escala se obtienen ciertas estimaciones requiriendo de mayor investigación para su aplicación generalizada a gran escala,

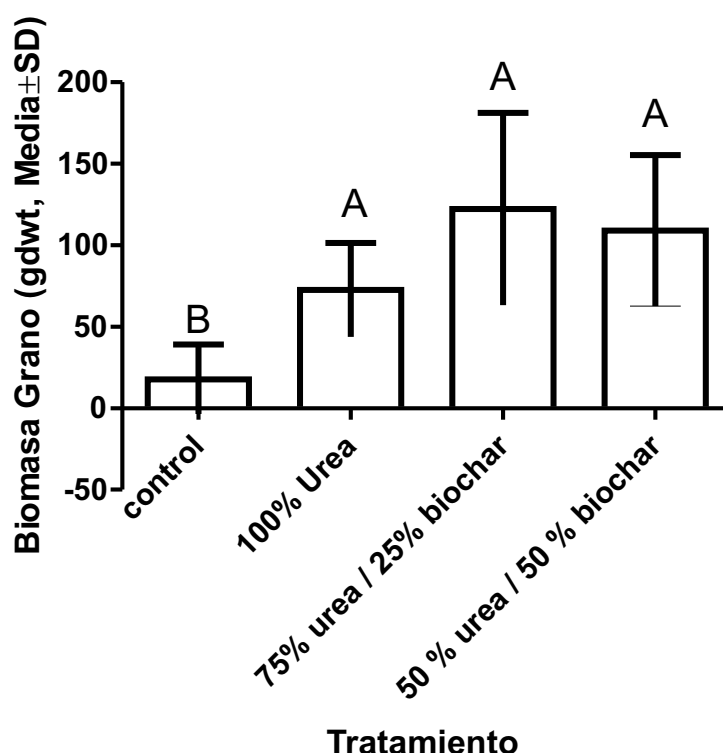


Figura 3. Rendimiento de maíz con urea y mezclas de urea/biochar. 100% Urea = 175kg N/ha. Sustitución de Biochar sobre una base p/p. Las columnas con la misma letra no son significativamente diferentes (Anova $P > F = 0,0061$ y Tukeys HSD Test).

donde el terreno en condiciones reales no es completamente homogéneo. Asimismo, la posibilidad que únicamente la reducción en la tasa de aplicación de N al 75% o 50% de la tasa recomendada pueda explicar la mejora en el rendimiento del maíz en los tubos experimentales en donde se combinó N-fertilizante granular con biochar es poco probable. Esto podría ocurrir, por ejemplo, si la aplicación de N genera problemas de acidez en el suelo. Sin embargo, el suelo experimental es aluvial y ligeramente alcalino, y la acidificación por la aplicación de N-fertilizante no es probable en una aplicación tan pequeña.

La estrategia de utilizar biochar como co-producto que aumenta la eficiencia del uso de fertilizantes granulares no da lugar a grandes compensaciones de carbono porque las tasas de aplicación son

relativamente pequeñas (alrededor de 50kg / ha). Sin embargo, debido a que los N-fertilizantes granulares se aplican a una gran escala y a menudo a nivel mundial, el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) es significativo (Woolf *et al.*, 2010).

En suma, lo más importante a destacar con estos resultados, es la propuesta de valor económico para los agricultores a través de la aplicación generalizada de biochar a las tierras de cultivo, incluso en ausencia de políticas climáticas como el pago por el secuestro de carbono. La sustitución del fertilizante granular por el biochar parece una vía viable para superar el principal obstáculo económico para el uso generalizado de biochar en la agricultura..

Tabla 1. Análisis económico del beneficio de reducir la tasa de aplicación de fertilizantes sintéticos (urea) en el maíz y reemplazar la urea con biochar. ¿Cómo se realizaron los análisis económicos/suposiciones: Biochar sustituyó a la urea en una base de peso por peso. Para este análisis se supone que el maíz puede ser vendido por 1,25 soles/kg (soles = moneda peruana), equivalente a 0,37 USD/kg, usando cifras publicadas por el Ministerio de Agricultura del Perú (<http://minagri.gob.pe/portal/boletin-de-maiz-amarillo-duro/maiz-2016>). El costo de la urea (1,4 soles/kg, equivalente a 0,41 USD/kg) se verificó visitando proveedores comerciales en las afueras de Lima en 2016 y el costo del biochar se obtuvo a partir de cálculos propios realizados para el proyecto B4SS (<http://biochar.international/the-biochar-for-sustainable-soils-b4ss-proyecto/peru/>). El tipo de cambio utilizado para este análisis es 1 USD = 3,4 PEN. T1 = control, T2 = 100% de urea / 0% de biochar, T3 = 75% de urea / 25% de biochar. 100% de urea significa la aplicación de 381 kg de urea (46% N) por hectárea para lograr una tasa de aplicación de N de 175 kg N / ha.

	Unidad	T1	T2	T3	T4
Costo por hectárea de urea aplicada			533	400	266
Kg y costo por hectárea de biochar aplicado			0	95	190
Costo total de enmienda de suelo (urea + biochar) aplicado			533	495	457
Rendimiento del grano de maíz	ton/ha	7	15	24	22
Precio de venta del maíz	Sol/ton	1,200	1,200	1,200	1,200
Ingresos por hectárea	Sol/ha	8,525	17,422	29,326	26,153
Rentabilidad Neta por hectárea	Sol/ha	8,525	16,889	28,831	25,696
Rentabilidad Neta por hectárea	\$US/ha	2,507	4,967	8,480	7,558

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios del equipo editorial de la The Biologist (Lima) y los revisores del artículo para sus comentarios constructivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bach, M.; Wilske, B. & Breuer, L. 2016. Current economic obstacles to biochar use in agriculture and climate change mitigation. *Carbon Management*, 7:183-190.
- Botnen Smebye, A.; Sparrevik, M.; Schmidt, H. & Cornelissen, G. 2017. Life-cycle assessment of biochar production systems in tropical rural areas: Comparing flame curtain kilns to other production methods. *Biomass and Bioenergy*, 101: 35-43.
- Cayuela, M.; Van Zwieten, L.; Singh, B.; Jeffery, S.; Roig, A. & Sánchez-Monedero, M. 2014. Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191: 5-16.
- Cornelissen, G.; Pandit, N.; Taylor, P.; Pandit, B.; Sparrevik, M. & Schmidt, H. 2016. Emissions and Char Quality of Flame-Curtain "KonTiki" Kilns for Farmer-Scale Charcoal/Biochar Production. *PLoS ONE*, 11: e0154617.
- Francischinelli Rittl, T.; Arts, B. & Kuyper, T. W. 2015. Biochar: An emerging policy arrangement in Brazil? *Environmental Science & Policy*, 51: 45-55.
- Glaser, B. & Birk, J. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 82: 39-51.
- Kammann, C.; Schmidt, H.-P.; Messerschmidt, N.; Linsel, S.; Steffens, D.; Müller, C. & Stephen, J. 2015. Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. *Scientific Reports*, 5: 11080.
- Kwapinski, W.; Byrne, C.; Kryachko, E.; Wolfram, P.; Adley, C.; Leahy, J. & Hayes, M. 2010. Biochar from biomass and waste. *Waste and Biomass Valorization*, 1(2): 177-189.
- Leach, M., Fairhead, J., & Fraser, J. 2012. Green grabs and biochar: Revaluing African soils and farming in the new carbon economy. *The Journal of Peasant Studies*, 39: 285-307.
- Lehmann, J.; Gaunt, J. & Rondon, M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11: 395-419.
- Lu, H.; Li, Z.; Fu, S.; Mendez, A.; Gasco, G. & Paz-Ferreiro, J. 2014. Can Biochar and Phytoextractors Be Jointly Used for Cadmium Remediation? *PLoS ONE*, 9: e95218.
- Qambrani, N.; Rahman, M.; Won, S.; Shim, S. & Ra, C. 2017. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79: 255-273.
- Schmidt, H.; Pandit, B.; Martinsen, V.; Cornelissen, G.; Conte, P. & Kammann, C. 2015. Fourfold increase in pumpkin yield in response to low-dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil. *Agriculture*, 5: 723-741.
- Shepherd, J.; Sohi, S. & Heal, K. 2016. Optimising the recovery and re-use of phosphorus from wastewater effluent for sustainable fertiliser development. *Water research*, 94: 155-165.
- Sohi, S.; Krull, E.; Lopez-Capel, E. & Bol, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105: 47-82.
- Spokas, K.; Novak, J. & Venterea, R. 2012. Biochar's role as an alternative N-fertilizer: ammonia capture. *Plant and Soil*, 350: 35-42.
- Taghizadeh-Toosi, A.; Clough, T.; Sherlock, R., & Condron, L. 2012. Biochar adsorbed ammonia is bioavailable. *Plant and Soil*, 350: 57-69.
- Van Zwieten, L.; Kimber, S.; Downie, A.; Morris, S.; Petty, S. & Rust, K. 2010. A glasshouse study on the interaction of low mineral ash biochar with nitrogen in a sandy soil. *Australian Journal of Soil Research*, 48: 569-576.
- Weng, Z.; Van Zwieten, L.; Singh, B.; Tavakkoli, E.; Joseph, S.; Macdonald, L.; ... & Cowie, J.

- A. 2017. Biochar built soil carbon over a decade by stabilizing rhizodeposits. *Nature Climate Change*, 7: 371–376.
- Woolf D.; Amonette J.E.; Street-Perrott F.A.; Lehmann J. & Joseph S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature communications*, 1:56.
-

Received May 29, 2017.
Accepted July 2, 2017.