

Incorporación de abonos verdes para la recuperación de la fertilidad de los suelos en la comunidad Las Casas, Municipio Padilla, Chuquisaca

Incorporation of compost for the recovery of fertility of soils in the community of Las Casas, Padilla Municipality, Chuquisaca

Marizol Pérez^{1,2}, Roberto Acebey^{1*}, Julio C. Ramírez.¹ & Martha Serrano¹

¹ Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia.

² Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre-Bolivia.

* roacebey@yahoo.com

Resumen

El uso de abonos verdes en los suelos es una práctica agrícola bastante acertada para mejorar la fertilidad de los suelos, debido a los múltiples beneficios físicos, químicos y biológicos. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de abono verde acolchado con la aplicación de diferentes especies de leguminosas, para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos evaluados mediante el efecto en el rendimiento del cultivo de maíz. La investigación se realizó en dos periodos agrícolas en una parcela experimental en la comunidad de Las Casas del Municipio de Padilla, donde el área de estudio se caracterizó por presentar suelos de baja fertilidad. La metodología utilizada fue un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron Cumanda (*Vigna unguiculata*), Frejol de puerco (*Canavalia ensiformis*), Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Mucuna ceniza (*Stizolobium niveum*) y Testigo (sin cultivo). Los resultados muestran con base al análisis fisicoquímico del suelo, la Cumanda (*V. unguiculata*) incrementó el contenido de nutrientes tales como el Na, K, N, P y mejoró el pH. Con respecto al efecto que tuvo los abonos verdes en el rendimiento de maíz, demostró de la misma manera que la Cumanda mejoró el rendimiento del maíz con 1339.66 kg/ha, en condiciones de suelos degradados. Esto demuestra que la incorporación de abonos verdes en terrenos agrícolas abandonados, es una alternativa adecuada en los sistemas de producción agroecológica de los agricultores.

Palabras clave: análisis fisicoquímico, maíz, suelo, Tucumano-Boliviano.

Abstract

The use of compost or “green manure”, in the soil is well known agricultural practice for improving the fertility of soils owing to its multiple physical, chemical and biological benefits. The objective of the investigation was to evaluate the effect of padded compost with the application of different species of legumes to improve the physico-chemical properties of soils, as an effect on the yield of maize crop. The investigation was carried out in two agricultural periods in an experimental plot in the community of Las Casas of the Padilla Municipality, where the study area was characterized by low soil fertility. The sampling methodology used a random block design with five treatments and five repetitions. The treatments were, “Cumanda” (*Vigna unguiculata*), “Frejol de puerco” (*Canavalia ensiformis*), “Kudzu” (*Pueraria phaseoloides*), “Mucuna ceniza” (*Stizolobium niveum*), and a Control (no crop). The results show that based on the physico-chemical analysis of the soil, the application of “Cumanda” increased the content of nutrients such as Na, K, N, P and improved the pH. With respect to the effect which the compost had on the yield of maize, it was demonstrated that similarly “Cumanda” compost improved maize yield with 1339.66kg/ha, in conditions of degraded soils. This demonstrates that the incorporation of compost in abandoned agricultural land is an adequate alternative in the agroecological production systems of farmers.

Key words: Physico-chemical analysis, maize, soil, Tucumano-Boliviano.

Introducción

Una preocupación social, se ha centrado en la forma dramática que la agricultura convencional ha incrementado la erosión del suelo en todo el mundo (Montgomery 2007). Se ha estimado que a nivel mundial, casi el 40% de la tierra cultivada se degrada y tiene un impacto significativo en la productividad (Oldeman et al. 1991, Scherr 1997, Eilittä et al. 2004). Una de las principales razones de este hecho es la utilización continua de métodos inadecuados de manejo de suelos, incluyendo la quema de residuos vegetales, el laboreo excesivo y el monocultivo (Florentín et al. 2010). Frente a este problema, el uso de abonos verdes surge como una alternativa de la agricultura orgánica, viable y económica para aportar nutrimentos, carbono orgánico y mejorar las propiedades de los suelos (García & Martínez 2007).

Los abonos verdes son cultivos principalmente de leguminosas, aunque también se usan otras plantas (Rayns & Rosenfeld 2007). Estos se producen con la finalidad de mejorar la fertilidad de los suelos mediante la fijación de nitrógeno, mejoramiento del contenido de materia orgánica en el suelo, la conservación de la humedad del suelo, y previniendo la erosión del suelo (Zentner et al. 2004, Hernández & Viteri 2006, García & Martínez 2007, Felix-Herran et al. 2008, Florentín et al. 2010, Ramírez & Acebey 2013). Plantas de leguminosas usadas convencionalmente fueron la cumanda (*Vigna unguiculata*), Frijol de puerco (*Canavalia ensiformis*), Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), Mucuna ceniza (*Stylobium niveum*) y otros. Los cuales han sido probados como abono verde para mejorar la productividad en diferentes cultivos (García & Martínez 2007, Singh et al. 2010, Florentín et al. 2010, Sánchez et al. 2011).

Bolivia de la misma manera presenta procesos de erosión en suelos agrícolas, para 1990 aproximadamente el 4% (53725 km²) se registraron como suelos degradados (Oldeman et al. 1990). En el caso del departamento de Chuquisaca, evaluaciones realizadas en 1996 por el Ministerio de Planificación del Desarrollo determinaron que aproximadamente el 60% del territorio presenta indicios de desertificación de alta a muy alta (Ministerio de Planificación del Desarrollo 2013). Esto se debe a que la mayoría de los agricultores de nuestro medio, practican una agricultura de carácter extractivo, donde se da poca importancia a la conservación y el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Alexis 1997).

En las zonas agrícolas del Bosque Boliviano-Tucumano de Chuquisaca, uno de los problemas más frecuentes son la baja fertilidad de los suelos, la erosión del suelo y la baja rentabilidad de sus productos (SERNAP 2011), este trabajo de investigación contribuye con información técnica para mejorar la fertilidad de suelos con la incorporación de diferentes leguminosas como abonos verdes, y se demuestra el efecto que tiene en el incremento del rendimiento de maíz de los agricultores de la región, con enfoque de sostenibilidad.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Serranía del Iñao (Fig. 1), comunidad Las Casas del municipio de Padilla (Chuquisaca, Tomina), situada a 223 km de la ciudad de Sucre en las coordenadas geográficas 64° 7' 11" de longitud oeste y 19° 17' 55" de latitud sur y a una altitud de 1600 m (SERNAP 2011). Esta comunidad se dedica a cultivar diferentes tipos de productos, los más frecuentes son el ají, maní y maíz, donde el maíz presenta una alta diversidad agrícola (Churqui et al. 2014), que es fuente de alimento local y para el ganado porcino.

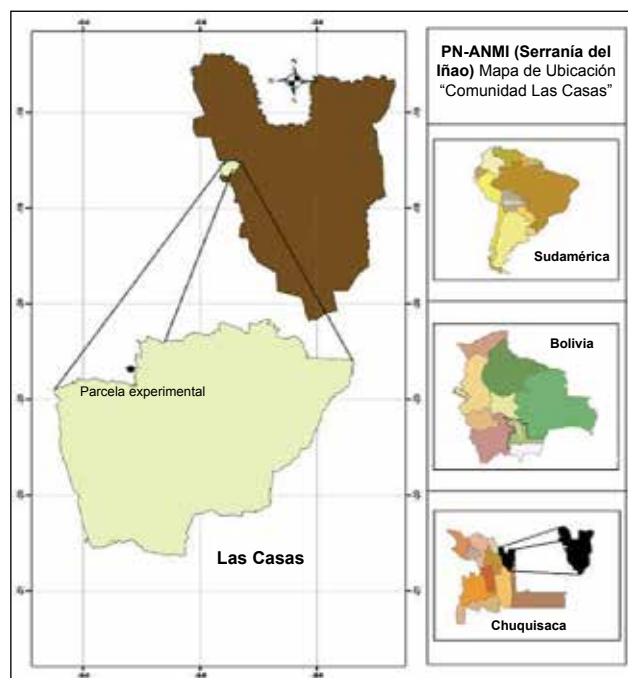


Figura 1. Ubicación de la parcela experimental en la comunidad Las Casas, en el área protegida PN-ANMI Serranía del Iñao.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (BCA), con cinco tratamientos (4 especies de leguminosas y un testigo), cada tratamiento (T) tuvo cinco repeticiones, con un total de 25 unidades experimentales. Cada uno de los tratamientos corresponde a cuatro especies de leguminosas: *V. unguiculata* (cumanda, T1), *C. ensiformis* (Frejol de puerco, T2), *P. phaseoloides* (Kudzu, T3), *S. niveum* (Mucuna ceniza, T4) y Testigo (sin leguminosas, T5). El inicio de la siembra de las leguminosas en el primer periodo del experimento (año 1 = tiempo 1) se llevó a cabo de acuerdo a los tratamientos establecidos. La asignación de cada una de las unidades experimentales, fue a través del método de los números aleatorios para su correcta distribución. La siembra de maíz se realizó en la segunda quincena de diciembre (año 2=tiempo 2) sobre cobertura de los abonos del periodo anterior del experimento previamente incorporada con rastra. Se utilizó maíz de la variedad Ivo, que fue sembrado a razón de 20 kg/ ha.

Variables de estudio

Las variables de estudio fueron propiedades y parámetros fisicoquímicos del suelo además de datos agronómicos del cultivo de maíz. En la Tabla 1, se muestran las propiedades del suelo que fueron medidas (textura, arcilla, limo, arena y densidad aparente), los análisis fisicoquímicos fueron concentración de iones hidrógeno (H^+) o pH, conductividad eléctrica (C.E.), cationes de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), total de bases intercambiables (T.B.I.), capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), el porcentaje de materia orgánica (MO), nitrógeno (N), y fósforo disponible (ppm). Por otra parte, se realizó el análisis químico de las leguminosas determinando su concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Para la interpretación de estos resultados se utilizó la clasificación de la Moreno (1978), USDA (1999), Molina & Meléndez (2002), Fernández et al. (2006), Horneck et al. (2011) y AGROLAB (2011). Del cultivo del maíz, se tomaron los datos agronómicos de número de hojas, longitud y diámetro de la mazorca, porcentaje de granos sanos y enfermos y el rendimiento del cultivo.

Resultados y discusión

Propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos

Comparando la Tabla 1 que muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico antes de la incorporación de los abonos verdes (Testigo_{Tiempo1}) con los datos obtenidos después de la

incorporación de los abonos verdes (Testigo_{Tiempo2}, *V. unguiculata*, *C. ensiformis*, *P. phaseoloides* y *S. niveum*), la interpretación de los resultados de los análisis fisicoquímicos en la calidad de los suelos (Tablas 2 y 3) puede haberse dado por la influencia de la actividad agrícola anterior sobre textura, densidad aparente, estructura del suelo y materia orgánica.

Con base a la proporción de las distintas fracciones de arcilla, limo y arena, se determinó que el suelo es de tipo franco arenoso, y con poco contenido de materia orgánica. Esta característica física hace que sea un terreno de tipo ligero, que según Báscones (2005) estos suelos tienen poca capacidad de retención de agua, elevada permeabilidad, buen drenaje, buena aireación, el tiempo de tempero es mayor, y no son los más adecuados para el desarrollo de los cultivos. Aunque para otros tipos de cultivos de leguminosas, este tipo de suelos ligeros son los más indicados (Santiago 2005).

Asimismo, después de la incorporación de los abonos verdes, las características físicas de suelo no cambiaron, puede ser debido a la textura, uno de los más estables atributos del suelo que puede sólo ser modificada ligeramente por cultivos y otras prácticas que causan la mezcla de las diferentes capas del suelo, como hace referencia la USDA (1999). Pero de alguna manera, los abonos verdes que provienen de la *V. unguiculata* (T1), *P. phaseoloides* (T3) y *S. niveum* (T4), conservaron la densidad aparente de los suelos, ya que los valores para suelos francos arenosos estuvieron por debajo (< 1.60), que es un buen indicador de la baja compactación, que evitan las restricciones para el crecimiento de las raíces de la mayoría de los cultivos. El C.I.C. un parámetro que tiene mucha relación con la textura, que además de ser de la clase franco arenoso, son suelos pobres poco aptos para la vida de las plantas, lo cual está relacionado con el bajo contenido de materia orgánica antes y después de la aplicación de los tratamientos, como se observa en los valores en la Tabla 2.

Los valores obtenidos de la concentración de iones hidrógeno (pH), al inicio se registraron valores medios (5.9), clasificándolos como suelos ácidos. Después de agregar los abonos verdes el pH se mantuvo dentro los rangos de suelos ácidos (pH: 5.5-6.5) según la categorización de Báscones (2005), pero en la interpretación de análisis de suelos de Molina & Meléndez (2002), el abono *S. unguiculata* (T1) fue el que incremento el pH del suelo (6.2), por lo que está dentro del rango entre 6 y 7, que es el pH óptimo para la mayoría de los cultivos (USDA 1999, Molina 2007).

Tabla 1. Variables de estudio para la interpretación de la fertilidad en función a las propiedades y parámetros fisicoquímicos del suelo.

Variables del análisis suelo		Interpretación							
Propiedades físicas	Variables	Clases					Fuente		
	Textura	Ligero		Medio		Fuerte			
	% arcilla	Arenosa Arenosa-franco	Franco-arenosa		Franco-arcillosa		USDA (1999)		
	% limo		Franco-arcillo-arenosa		Franco-arcillo-limosa				
	% arena		Franco-limosa Franco Limosa		Arcillo-limosa Arcillosa Arcillo-arenosa				
	Densidad aparente g/cm3 (arena, areno-franco)	Densidades aparentes Ideales < 1.60		Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular 1.69		Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular >1.80		USDA (1999)	
	C.I.C. meq/100g	Muy bajo <5	Bajo 5-15	Media 15-25	Alta 25- 40	Muy alta > 40	Fernández et al. (2006)		
Propiedades fisicoquímicas	Ph	Bajo < 5		Medio 5-6		Optimo 6-7		Alto 7	Molina y Meléndez (2002)
	C.E. conductividad eléctrica ds/m	No salino 0-0.98	Muy ligeramente salino 0.98 – 1.71	Ligeramente salino 1.71 – 3.16		Moderadamente salino 3.16 – 6.07		Fuertemente salino > 6.07	USDA (1999)
	Calcio meq/100g	Bajo <5 meq/100 g suelo		Medio 5 - 10 meq/100 g suelo		Alto > 10 meq/100 g suelo		Agrolab (2011)	
	Magnesio meq/100g	Bajo <0.5 meq/100 g suelo		Medio 0.5 - 1.5 meq/100 g suelo		Alto > 1.5 meq/100 g suelo		Agrolab, (2011)	
	Sodio meq/100g	Bajo <1.637		Medio 1.637-4.092		Alto >4.092		Horneck et al. (2011)	
	Potasio meq/100g	Bajo <0.4 meq/100 g suelo	Medio 0.4-0.6 meq/100 g suelo		Alto 0.6-2.0 meq/100 g suelo		Muy alto >2.0 meq/100 g suelo	Agrolab (2011)	

¹Extremadamente, ²Medianamente pobres

La C.E. tiene mucha relación con el contenido de Na, ya que en ambos análisis se tuvo valores bajos, que según la USDA (1999) permiten el crecimiento de los cultivos en general. Aunque el contenido de K se incrementó con la incorporación de los abonos verdes, que destaca su importancia como fertilizante mineral para el crecimiento de las plantas (Horneck et al. 2011). Otros minerales mantuvieron su contenido en los diferentes tratamientos como el Mg y para el Ca si se observó un incremento, debido a que los abonos

verdes incrementan su contenido como los muestran similares resultados Salazar et al. (2004).

En cuanto a la concentración de P y N, solo la Cumanda (*V. unguiculata*) fue la que aportó mayor incremento de estos macronutrientes. Debido posiblemente a que este abono verde desarrolla mayor biomasa, como los resultados obtenidos por Silva et al. (2004), ya que evidenciaron un incremento en los contenidos de N, P y K en el suelo.

Tabla 2. Resultados del análisis fisicoquímico de suelo (analizado por el laboratorio de suelos y aguas de la UMSS). El testigo (T5=Tiempo 1 y 2) y los abonos verdes: T1= *V. unguiculata* (Cumanda), T2= *C. ensiformis* (Frejol de puerco) T3= *P. phaseoloides* (Kudzu), T4= *S. niveum* (Mucuna Ceniza).

	Testigo (T5) (Tiempo 1)	Testigo (T5) (Tiempo 2)	<i>V. unguiculata</i> (T1)	<i>C. ensiformis</i> (T2)	<i>P. phaseoloides</i> (T3)	<i>S. niveum</i> (T4)
Arcilla (%)	11	5	4	5	5	5
Limo (%)	14	14	14	14	12	13
Arena (%)	75	81	82	81	83	82
Densidad aparente (g/cm ³)	1.52	1.61	1.47	1.61	1.43	1.52
C.I.C. (meq/100g)	5.4	5	4.2	3	3.4	2.8
pH	5.9	5.4	6.2	5.8	5.6	5.4
C.E. (dS/m)	0.048	0.058	0.13	0.083	0.096	0.108
Ca (meq/100g)	4.00	3.5	2.5	3.5	5	3
Mg (meq/100g)	1.00	1	1.5	1	1	1,5
Na (meq/100g)	0.44	1.19	1.19	1.03	1.47	1.11
K (meq/100g)	0.51	0.84	1.31	0.87	0.8	0.95
Materia orgánica (%)	0.81	1.2	1.03	0.2	0.36	0.1
N total (%)	0.049	0.11	0.105	0.035	0.05	0.04
P (ppm)	7.1	17	28	19	13.6	13.6

Tabla 3. Interpretación del análisis fisicoquímico de suelo. El testigo (T5=Tiempo 1 y 2) y los abonos verdes: T1= *V. unguiculata* (Cumanda), T2= *C. ensiformis* (Frejol de puerco) T3= *P. phaseoloides* (Kudzu), T4= *S. niveum* (Mucuna Ceniza).

	Testigo (T5) (Tiempo 1)	Testigo (T5) (Tiempo 2)	<i>V. unguiculata</i> (T1)	<i>C. ensiformis</i> (T2)	<i>P. phaseoloides</i> (T3)	<i>S. niveum</i> (T4)
Textura	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco
Densidad aparente (g/cm ³)	Ideal	Puede afectar	Ideal	Puede afectar	Ideal	Ideal
C.I.C. (meq/100g)	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
pH	Medio	Medio	Optimo	Medio	Medio	Medio
C.E. (mmhos/cm)	No salino	No salino	No salino	No salino	No salino	No salino
Ca (meq/100g)	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio
Mg (meq/100g)	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Na (meq/100g)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
K (meq/100g)	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Materia orgánica (%)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
N total (%)	Pobre	Medio	Medio	Pobre	Pobre	Pobre
P (ppm)	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio

Efecto de los abonos verdes sobre el rendimiento del cultivo de maíz

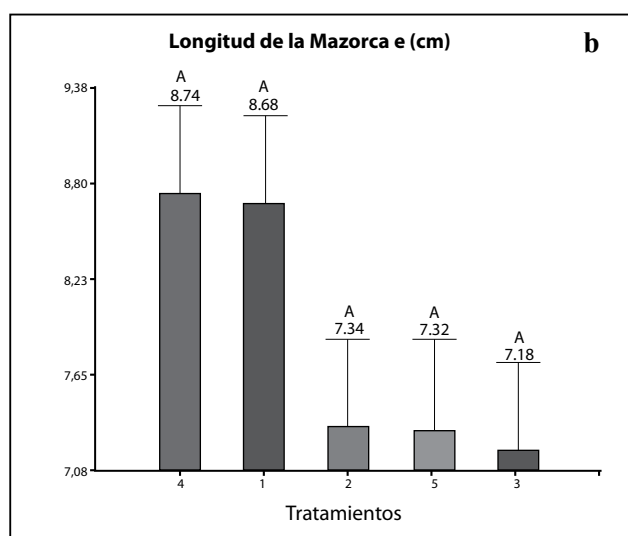
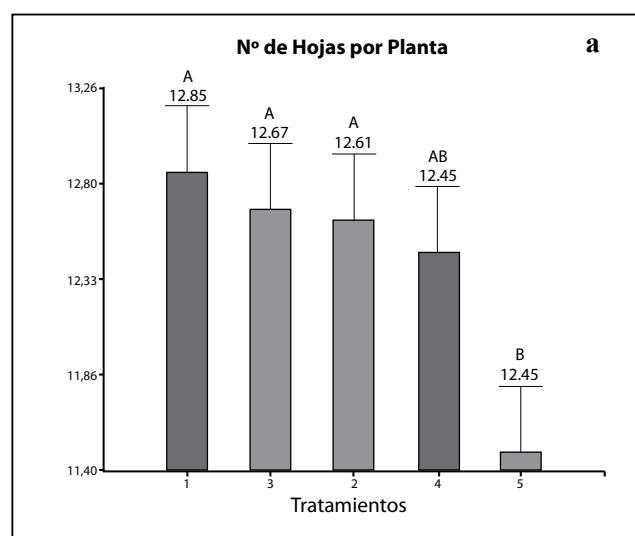
De acuerdo al análisis de varianza, para la variable Número de hojas/planta, en la última fase fenológica del cultivo de maíz, se tiene un 45% de relación entre tratamientos, y no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0648$). Mediante la prueba de medias de Duncan ($\alpha = 0.05\%$), se muestran diferencias significativas entre tratamientos, donde la Cumanda (T1) tiene el mayor Número de hojas/planta (12.85), siendo similares estadísticamente a los tratamientos de Kudzu (T3) con 12.67 hojas/planta, Frejol de puerco (T2), con 12.61 hojas/planta, los demás tratamientos presentaron menor Número de hojas/planta como la Mucuna ceniza (T4) con 12.45 hojas/planta, y el testigo (T5) con 11.48 hojas/planta, estos últimos son los tratamientos que presentaron el menor valor en comparación a los demás tratamientos (Fig. 2a).

Según el análisis de varianza, para la variable longitud de mazorca, se tiene un 63% de relación entre tratamientos y no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.1180$). Mediante la prueba de medias de Duncan, no se muestran diferencias entre tratamientos, siendo similares la longitud de las mazorcas 8.74 cm (Mucuna ceniza, T4), 8.68 cm (Cumanda, T1), 7.34 cm (Frejol de puerco, T2), 7.32 cm (testigo, T5), y 7.18 cm (Kudzu, T3) (Fig. 2b).

Con base en el análisis de varianza, para la variable diámetro de mazorca, se tiene un 68% de

relación entre tratamientos y encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0248$), y por medio la prueba de medias de Duncan, se probó que la Cumanda (T1) tiene las mazorcas más largas con 3.64 cm, comparando Kudzu (T3) con 3.00 cm, el testigo (T5) con 3.27 cm y el Frejol de puerco (T2) con 3.28 cm (Fig. 2c).

El rendimiento del cultivo de maíz obtenido en el segundo periodo del experimento (tiempo 2= año 2) mostro mediante el análisis de varianza, que se tiene un 70% de relación entre tratamientos y no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Pero mediante la prueba de medias de Duncan, se muestran diferencias entre tratamientos, donde la Cumanda (T1) tiene el mayor rendimiento (1339.66 kg/ha), con respecto a los otros tratamientos. Comparando con el rendimiento en sistemas cultivos tradicionales de maíz (2070 kg/ha) según los datos del Observatorio Agroambiental y Productivo (2013), los resultados obtenidos son bajos. Pero se tiene que considerar que la incorporación de abonos verdes, se lo realizo en un predio con suelos muy degradados y que el abono verde de la Cumanda, fue el que mejor característica de desarrollo mostro, tanto en número de hojas, diámetro de mazorca y rendimiento, que comparando por lo indicado por Birbaumer (2008) que relata que en suelos con fertilidad media el maíz puede producir más de 5000 kg/ ha de granos, y en suelos deteriorados puede llegar a menos de 1500 kg/ ha, que es superior al resultado obtenido con éste estudio.



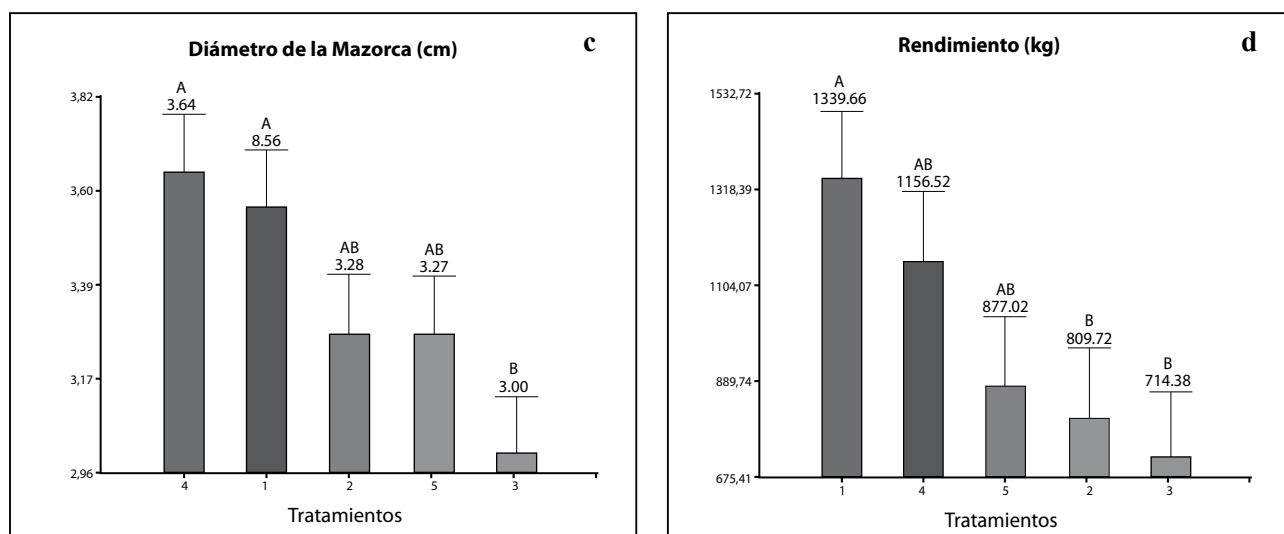


Figura 2. Efecto de los abonos verdes sobre cuatro atributos del cultivo de maíz: a) N° de hojas/planta, b) longitud de la mazorca, c) diámetro de la mazorca, d) rendimiento. Los tratamientos fueron: T1= *V. unguiculata* (Cumanda), T2= *C. ensiformis* (Frejol de puerco) T3= *P. phaseoloides* (Kudzu), T4= *S. niveum* (Mucuna Ceniza) y T5= Testigo.

Conclusiones

La incorporación de abonos verdes en suelos degradados que fueron las condiciones en las que se desarrolló el experimento, es una alternativa adecuada en los sistemas de producción agroecológica. De los cuatro tipos de abonos verdes utilizados, la Cumanda (*V. unguiculata*) fue el que mejoró relativamente la calidad del suelo y los resultados a partir del efecto que tuvo sobre los atributos agronómicos sobre el maíz, demostraron que el beneficio en el desarrollo de la planta (número de hojas y longitud) y el rendimiento fue superior a los demás tratamientos. Esto demuestra que los abonos verdes permiten mejorar de la fertilidad de suelos y el rendimiento en el maíz, es una alternativa que el agricultor podrá adoptar para restaurar y conservar los suelos de sus sistemas agrícolas con un enfoque de sostenibilidad.

Agradecimientos

Se hace una mención especial al proyecto BEISA 3, de la Facultad de Ciencias Agrarias - USFXCH, financiado por la Agencia de Cooperación Danesa-DANIDA, ya que mediante su apoyo fue posible la realización de este trabajo de investigación. Un agradecimiento especial al Dr. Per Kudsk por las

sugerencias y orientación durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Alexis, M.B. 1997. Evaluación de seis tratamientos de abonos verdes en la localidad de Tarabuco. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias - U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre – Bolivia.
- AGROLAB. 2005. Guía de referencia para la interpretación análisis de suelos AGROLAB. Pachuca Hidalgo, México. 15 p.
- Báscones, E. 2005. Análisis de suelo y consejos de abonado. Excma. Diputación Provincial de Valladolid, España. (Visitado 13/02/2014). Disponible en: <http://legado.inea.org/>.
- Birbaumer, G. 2008. Sistemas sostenibles de producción: para los principales cultivos agrícolas, hortícolas, forestales y agroforestales de la Región Centro del Paraguay. Asunción, PY: MAG/GTZ. 354.
- Eilittä M., J. Mureithi & R. Derpsch. 2004. Green Manure/Cover Crop Systems of Smallholder Farmers: “Experiences from Tropical and Subtropical Regions. Springer Science +

- Business Media, Inc. Kluwer Academic Publishers". United States of America. 396 p.
- Fernández, L.C., N.G. Rojas, T.G. Roldán, M.E. Ramírez, H.G. Zegarra, R. Uribe, R.J. Reyes, D. Flores & J.M. Arce. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo, México, D. F. 184.
- Florentín, M.A., M. Peñalva, A. Calejari, & R. Derpsch. 2011. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. Integrated Crop Management. Vol.12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italia. 1-108.
- Felix-Herran, J.A., R.R. Sañudo-Torres, G.E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz & V. Olalde-Portugal. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1):57-67.
- García, J.S. & M.R. Martínez. 2007. Abonos verdes". Ficha 4. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. 1-8.
- Hernández, D.M. & S.E. Viteri. 2006. Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 24(1): 131-137.
- Horneck, D.A., D.M. Sullivan, J.S. Owen & J.M. Hart. 2011. Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University, 1-12.
- Ministerio, de Planificación del Desarrollo. Mapa de desertificación de suelos en Bolivia. 1996. Visitado 13/02/2014). Disponible en: <http://geo.gob.bo/>.
- Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. Amino Grow Internacional. (Visitado 13/02/2014). Disponible en: www.aminogrowinternacional.com.
- Molina, E. & G. Meléndez. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo. Costa Rica.
- Montgomery, DR. 2007. Is agriculture eroding civilization's foundation?: *GSA Today*, 17 (10): 4-10.
- Moreno, D. R. 1978. Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrientes asimilables. INIA-SARH. México D.F.
- Observatorio, Agroambiental y Productivo. 2013. Costos de producción por hectárea (bs.) cultivo maíz choclo", Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario. Bolivia. 2.
- Oldeman, R., R. Hakkeling, & W. Sombroeck. 1991. World map of the status of human induced soil degradation: An explanatory note. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, the Netherlands, and United Nations Environment Program (UNEP), Nairobi, Kenya.
- Ramírez, J.C. & R. Acebey. 2013. Uso de abonos verdes en el cultivo de maíz. Ficha de información. Proyecto BEISA3. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre. Bolivia.
- Rayns, F. & A. Rosenfeld. 2007. Green manures: An investigation into the adoption of green manures in both organic and conventional rotations to aid nitrogen management and maintain soil structure". HDRA as part of HDC Project FV 299. U.K. 1-37.
- Salazar, M.A., M. Prager & J.E. Ararat. 2004. Evaluación de abonos verdes en el cultivo de yuca *Manihot sculenta* Krantz en un inceptisol de la zona de ladera del departamento del Cauca, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín*, 57(2): 2413-2422.
- Sánchez, C., R. Rivera, D. Caballero, R. Cupull, C. Gonzalez & S. Urquiaga. 2011. Abonos verdes e inoculación micorrizica de posturas de cafeto sobre suelos ferralíticos rojos lixiviados. *Cultivos Tropicales*, 32 (3):11-17.
- Santiago, M. 2005. La Alubia: Manual para su cultivo en agricultura ecológica. Monográficos Ekonekazaritza N°4. Ed. Bio Lur Navarra. España. 3.
- Scherr, S. 1997. Soil degradation: Athreat to developing country food security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper no. 27. International Food Policy Research Institute (IFPRI), WA, USA. 63.
- SERNAP 2011. Plan de Manejo del PN y ANMI Serranía del Iñaño 2012 – 2021. Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño. Monteagudo. Chuquisaca. Bolivia. 265.

- Silva, A.L., J. Pohlen & D. Salazar. 2004. Efectos Agrobiológicos de coberturas verdes en el cultivo de la Pitahaya (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) en Nicaragua. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 105(2): 175–187.
- Singh, M., A. Singh, S. Singh, R.S. Tripathi, A.K. Singh, & D.D. Patra. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. *Industrial Crops and Products*, 31: 289–293.
- USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA). 1-88.
- Zentner, R.P., C.A. Campbell, V.O. Biederbeck, F. Selles, R. Lemke, P.G. Jefferson, & Y. Gan. 2004. Long-term assessment of management of an annual legume green manure crop for fallow replacement in the Brown soil zone. *Can. J. Plant Sci.* 84: 11–22.