

# Efecto de la incorporación de *Mucuna* sp. en el cultivo de maíz en un área urbana de Costa Rica

MARÍA LOURDES ROJAS MOLINA<sup>1</sup>, ANDRÉS ZÚÑIGA OROZCO<sup>2</sup>, WAGNER PEÑA CORDERO<sup>3</sup>  
& KARLA MONTERO JARA<sup>4</sup>

1. Estudiante, Universidad Estatal a Distancia (UNED), San José, Costa Rica, Correo: mariarm58@hotmail.com, teléfono: (+506) 84785258
2. Docente e Investigador. Carrera de Ingeniería Agronómica, UNED. Correo: azunigao@uned.ac.cr. Teléfono: (506) 22021813. AP 474-2050 San Pedro, San José, Costa Rica.
3. Cátedra Gestión Sostenible del Suelo, Carrera de Ingeniería Agronómica, UNED, Correo: wpena@uned.ac.cr, Teléfono: (+506) 22021842. AP 474-2050 San Pedro, San José, Costa Rica.
4. Cátedra Producción Agrícola, Carrera de Ingeniería Agronómica, UNED, Correo: kmonteroj@uned.ac.cr, Teléfono: (+506) 22021841. AP 474-2050 San Pedro, San José, Costa Rica.

Recibido: 13 de marzo de 2018

Aceptado: 21 de agosto de 2018

## RESUMEN

La fertilización excesiva y la permanencia de monocultivos han contribuido con la pérdida del potencial de muchos suelos. El uso de abonos verdes, se valora como herramienta útil ante estos procesos de degradación y mejora las condiciones de sostenibilidad. Se propuso evaluar el efecto de dos variedades de *Mucuna* sp. en un suelo laderoso, sobre el rendimiento, el crecimiento y el contenido de materia orgánica en el suelo. Se encontraron mayores diferencias significativas en el rendimiento, en la altura y en el grosor de tallos en el Tratamiento 3 (T3) con respecto a los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ), sin embargo, el Tratamiento 2 (T2) resultó ser el segundo mejor tratamiento con resultados similares. El contenido de materia orgánica del suelo no presentó diferencias, pero se evidenció una acumulación del carbono (C) y el nitrógeno (N) en el suelo.

**Palabras clave:** abono verde, maíz, leguminosas, nitrógeno.

## SUMMARY

Over fertilization and the permanence of monocultures have contributed to the loss of the potential of many soils. The use of green fertilizers is valued as a useful tool in the face of these degradation processes and improves sustainability conditions. It was proposed to evaluate the effect of two varieties of *Mucuna* sp. on a woody soil, on the yield, growth and content of organic matter in the soil. Significant differences were found in the yield, height and thickness of stems in Treatment 3 (T3) with respect to the other treatments ( $p < 0.05$ ), however, Treatment 2 (T2) was found to be the second best treatment with similar results. The organic matter content of the soil did not show differences,

but there was evidence of Carbon (C) and nitrogen (N) accumulation in the soil.

**Key words:** green manure, corn, legumes, nitrogen.

## Introducción

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo desarrollado en América Latina desde siglos inmemorables, cuyos cambios se han basado principalmente en la forma de cultivar y producir. En Costa Rica, la relación de producción y consumo de maíz (*Zea mays*) es deficitario, con índices de suficiencia de 39,44 %, por esta razón los gobiernos se ven obligados a importar granos de la región de Estados Unidos de Norteamérica (USA) y México; considerándose nuestro país y el Salvador como los mayores importadores (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) 2014).

Sin embargo, en el cultivo de maíz (*Zea mays*) se han suscitado una serie de problemas en productividad, atribuidos fundamentalmente a la pérdida de fertilidad del suelo, uso de variedades de baja producción o mal uso de nuevos híbridos de alto rendimiento. Los suelos en los cuales se cultiva no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento y rendimiento adecuado, por lo que

se debe recurrir al empleo de fertilizantes sintéticos (Basantes, 2012).

En la actualidad, la zona urbana de San Antonio de Coronado (Valle Central de Costa Rica), pasa por un proceso de transformación importante debido al desgaste que han sufrido los suelos producto de las malas prácticas agrícolas, lo cual mantiene a las tierras con bajos niveles de nitrógeno y de materia orgánica (MO) en el suelo, lo anterior se traduce, a menor actividad microbiana, a una baja fertilidad y baja mineralización de la materia lábil del suelo (Peña, 2017).

El problema de cultivar en ladera, aunado al manejo en agricultura urbana y a las malas prácticas agrícolas, conlleva a grandes pérdidas de N producto de la lixiviación y la escorrentía, dejando casi nulo el porcentaje de MO que conforma los primeros estratos del suelo y de esta forma disminuye los rendimientos en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Por lo tanto, el sistema agrícola requiere de prácticas más sostenibles y de una agricultura de mayor precisión, es así como se plantea la necesidad de analizar los efectos del rastrojo de leguminosa específicamente de *Mucuna pruriens* y *Mucuna deeringiana* sobre los componentes del rendimiento del cultivo de maíz.

Con el fin de contrarrestar los problemas anteriores que afectan la producción de maíz (*Zea mays*), es necesario el desarrollo y la implementación de alternativas sostenibles que contribuyan a minimizar el deterioro de los suelos y restablecer la fertilidad de los mismos, como lo es el uso y aplicación de abonos verdes; material que ha adquirido importancia en los últimos años, entre ellos destaca la *Mucuna* sp., el cual constituye uno de los abonos verdes que presenta mayor importancia al registrar altos valores de fijación biológica de nitrógeno desde los 170 hasta los 210 kg N/ha (Parrales, 2015). Por lo anterior, se planteó, analizar el efecto de la incorporación del rastrojo de dos especies de *Mucuna* sp. en el cultivo de maíz (*Zea mays*), bajo condiciones de ladera en el área urbana, determinar la disponibilidad de nutrimentos esenciales y el contenido de materia orgánica del suelo como efecto de la fertilización convencional y con

rastrojo de *Mucuna pruriens* y *M. deeringiana*; determinar el crecimiento del maíz (*Zea mays*) desde el estadio V6 al estadio VT (panojamiento) y el peso de cosecha y determinar el rendimiento del maíz (*Zea mays*) cultivado en ladera y abonado con dos variedades de *Mucuna* sp.

## Materiales y Métodos

La investigación planteada es del tipo cuantitativo experimental, ya que según, Fernández Hernández y Baptista (2010), la recolección de datos se fundamenta en la medición y los fenómenos deben observarse o referirse en el “mundo real”. En este caso se trabaja principalmente con el número y el dato cuantificable. Dicha experimental se realizó en el año 2016, en la zona urbana de San Antonio de Coronado, ubicada en las cercanías del poblado de Coronado, específicamente al este de San José (9°97'49" N y 84°02'88" O), perteneciente al distrito Patalillo, y al cantón de Vázquez de Coronado. La topografía de la zona se caracteriza por ser ondulada, con pendientes mayores a 30°, el régimen de precipitación promedio ronda los 5000 mm al año y posee un área de 223 km<sup>2</sup>. La zona se haya compuesta por suelos de origen ultisol, cuya característica principal es la formación de un horizonte argílico con bajo contenido de bases y acumulación de arcilla iluviada (Chinchilla, Mata y Alvarado, 2011). Como instrumentos para recolectar la información se emplearon: cilindros metálicos para tomar muestras de suelo, libreta de campo, cámara fotográfica, mecate, abono verde, semillas de maíz, regla de medición, balanza portátil, fertilizante químico, cinta métrica, pala, azadón, y calculadora.

## Determinación de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo

Para conocer la cantidad de materia orgánica, así como la disponibilidad de nutrimentos de los suelos estudiados, se tomó una muestra inicial identificada como “M” por medio del muestreo en zigzag con un total de 15 submuestras, se aplicó la técnica del cuarteo y se obtuvo una

muestra representativa de 500g. Seguidamente, se envió al Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), para la determinación del contenido de materia orgánica (M.O) y los nutrientes esenciales por medio de un análisis químico completo.

## Obtención del abono verde

Posteriormente, se llevó a cabo la siembra de ambos tipos de *Mucuna* sp.: *Mucuna pruriens* y *M. deeringiana*, cuya semilla fue obtenida en el Centro de Investigación Transferencia Tecnológica y Educación para el Desarrollo (CITTED), en La Perla, San Carlos, se cultivó, se secó y se almacenó hasta el momento de su incorporación.

Para el cultivo de *Mucuna* sp. ambas especies se sembraron mediante espeque manejándose dos semillas por surco a una distancia de 50 cm entre plantas y 50 cm entre hileras. Esta se cortó antes de la producción de las vainas, se conformaron en rollos y se dejó secar por un mes. Luego se fraccionó todo el material y se incorporaron 10 g de abono verde al suelo por cada tratamiento.

## Siembra de maíz (*Zea mays*)

Se determinó la ubicación de cada bloque a partir de ello, se definió la ubicación de cada repetición, y para ello se colocaron 2 estacas en cada esquina de cada repetición para diferenciarlas adecuadamente. Se procedió a implantar cada tratamiento siguiendo el diseño experimental cuadrado latino con 4 tratamientos (Fig. 1), el cual consistió en la aplicación de dos tipos de abonos verdes, un fertilizante sintético y un testigo al cual no se le adicionó algún insumo, éstos se aplicaron con 4 repeticiones cada tratamiento. Cada unidad experimental midió 2,5 por 1 m, a razón de 50 cm entre planta para un total de 8 plantas/microparcela. Esta siembra se realizó siguiendo las recomendaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), (2009).

La cosecha y muestreo fueron a los 90 días después de la siembra (dds) y se analizaron las características del suelo, para lo cual se tomaron 4 muestras individuales finales debidamente identificadas y fueron enviadas al Centro de investigaciones Agronómicas para su análisis.

					Micro parcela	Tratamiento
BLOQUES	T1	T2	T3	T4	T1	Mucuna pruriens
	T2	T3	T4	T1	T2	Mucuna deeringiana
	T3	T4	T1	T2	T3	Testigo Comercial 10-30-10
	T4	T1	T2	T3	T4	Testigo absoluto

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo.

## Evaluación del crecimiento del maíz (*Zea mays*) desde el estadio V6 al estadio VT (panojamiento) y el peso de cosecha

Se realizaron un total de 5 mediciones tanto en grosor como en altura de los tallos del estadio V6 al estadio VT (35 días en promedio pos emergencia), etapa en la cual se da la mayor concentración de materia seca que continuará hasta la etapa reproductiva. Los datos se registraron en tablas en las que se tabularon todas las medidas obtenidas tanto del grosor del tallo, como de la altura de la planta.

Las mazorcas obtenidas en la cosecha se dividieron por tratamiento, se pesaron en una balanza digital, se determinó el promedio de peso de cada una de las mazorcas y se calculó en Kg/ha. Para la evaluación del peso de las mazorcas estas fueron pesadas sin tusa, ya que se considera que es así como lo adquiere el consumidor final en su mayoría.

## Rendimiento y calidad de la mazorca

Para determinar el rendimiento de maíz con los pesos de las mazorcas se obtuvieron pesos promedios los cuales fueron analizados por el programa INFOSTAT para evaluar las

diferencias significativas entre los tratamientos y poder concluir de cual tratamiento se obtuvo la mayor cantidad de mazorcas.

Para evaluar la calidad en cada tratamiento, se elaboró una tabla con criterios que pudieran diferenciar unas mazorcas de otras, tanto en color como en tamaño y cantidad de granos uniformes por mazorca (Cuadro 1). En la tabla se define la mazorca al clasificarse como de primera, segunda y tercera calidad, luego se determinó el porcentaje de calidad que predominó para poder correlacionarlo con los resultados obtenidos en la altura y grosor de los tallos, así como en el rendimiento.

CUADRO 1  
**Criterios de calidad para mazorcas de maíz utilizadas en el experimento. Coronado, San José. Costa Rica. 2016.**

Calidad	Criterio
1= Primera calidad	Aquellas mazorcas que presentan color amarillo, brillante, mazorca completa con dientes completos, tamaño normal.
2=Segunda calidad	Aquellas mazorcas que presentan irregularidad en el llenado de grano, tamaño menor, color de granos más claro.
3= Tercera calidad	Aquellas mazorcas con una ausencia de granos significativa, tamaño disminuido, color más claro

## Resultados y Discusión

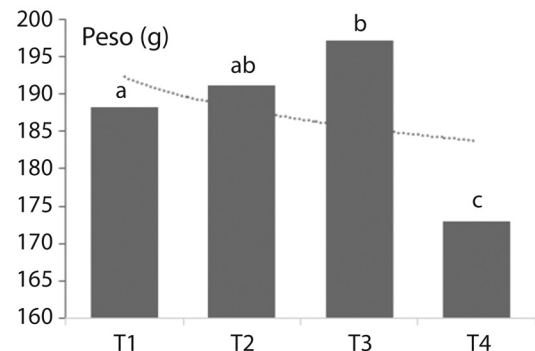
Según las características observadas de los suelos, el Hierro (Fe) predomina con las concentraciones más altas posiblemente por la naturaleza del suelo, siendo éste un ultisol en condiciones de pendientes medias, también se obtuvieron mínimos valores en potasio posiblemente por su condición de ladera también. A pesar de lo anterior, son suelos con niveles óptimos en materia orgánica, según Osorno (2006), la presencia de materia orgánica en el suelo mejora la infiltración del agua al crear mayor porosidad lo cual evita que los poros se saturen y eliminen

el agua por medio de escorrentía evitando así la erosión de los suelos; estos suelos también se caracterizan por presentar niveles óptimos de nitrógeno y relaciones catiónicas, debido a las características ándicas asociadas y el efecto en la mineralización del sustrato.

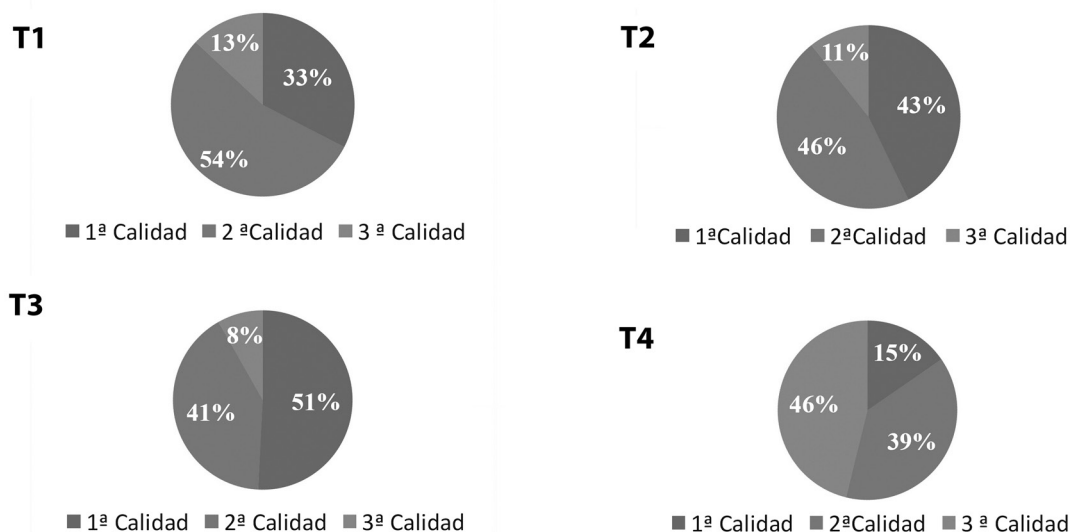
Como respuesta fisiológica a los tratamientos, la producción en el terreno del tratamiento químico (T3) es superior a los demás ( $p < 0,05$ ), (Fig. 2), igualmente se relacionó con la calidad del grano (Fig. 3), especialmente con color, tamaño y cantidad de granos uniformes por mazorca, también fue el tratamiento más rentable (mayor a 195 g de peso en mazorca) (Cuadro 2). No obstante, el tratamiento T2 con *M. deeringiana*, resultó ser el segundo mejor tratamiento con resultados similares, tanto en rendimiento como calidad y rentabilidad, superando ampliamente al tratamiento químico.

Con respecto a la utilidad neta, el tratamiento químico tiene el costo más alto en insumos, pero a la vez es el más productivo por lo que la utilidad es mayor con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, la rentabilidad del T2 (*M. deeringiana*) es la segunda más rentable (un poco menos de 195 g de peso), incluso muy superior al tratamiento testigo en términos económicos (Cuadro 2). Este resultado confirma que aplicar abonos verdes es una alternativa rentable.

A pesar de ser un ensayo pequeño, cuya unidad experimental midió 2,5 m<sup>2</sup> por cada réplica de tratamiento, el rendimiento promedio fue de 0,8 ton/ha, aunque menor a lo encontrado a nivel



**Figura 2.** Peso promedio de mazorcas en los diferentes tratamientos [Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )].



**Figura 3.** Porcentaje de calidad en mazorcas obtenidos por tratamiento. Coronado, San José, Costa Rica. T1: abonado con *Mucuna pruriens*, T2 abonado con *M. Deeringiana*, T3 fertilizado con testigo comercial 10-30-10, Testigo absoluto.

**CUADRO 2**  
**Utilidad neta y costos totales de los tratamientos evaluados en maíz sembrado en ladera. Coronado, San José, Costa Rica.**

	T1 ( <i>M. pruriens</i> )	T2 ( <i>M. deeringiana</i> )	T3 Químico	T4 Testigo
Costo total	₡ 266 348	₡ 266 348	₡ 366 348	₡ 221 348
Ganancia total	₡ 6 300 000	₡ 6 406 250	₡ 6 825 000	₡ 4 900 000
Utilidad neta	₡ 6 033 652	₡ 6 139 902	₡ 6 458 652	₡ 4 678 652

nacional, se recomienda continuar con mayores estudios de variedades y mezclas locales de este cultivo, así como el aporte de rastros de leguminosas como el de *Mucuna deeringiana*, pero con dosis superiores a 10 g / planta.

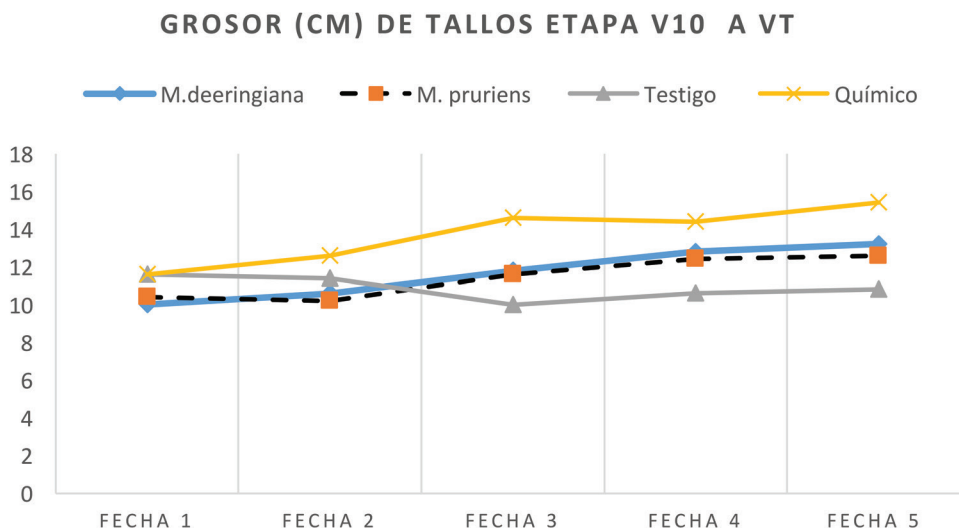
Con respecto a la evaluación del crecimiento del maíz (*Zea mays*) desde el estadio V6 al estadio VT (panojamiento) se puede afirmar que existe una tendencia, siendo el tratamiento químico quien tuvo los valores más altos tanto en altura como en grosor (Fig. 4 y Fig. 5). En la Figura 4, seguido del tratamiento químico, el tratamiento con *M. deeringiana* tuvo mayor índice de grosor de tallo con respecto al tratamiento con *M. pruriens*, sin embargo, ambos tratamientos presentaron resultados similares; por su parte, el tratamiento testigo disminuyó su

grosor de tallo en la tercera medición, no obstante, para la cuarta y quinta medición se mantuvo un grosor de tallo constante.

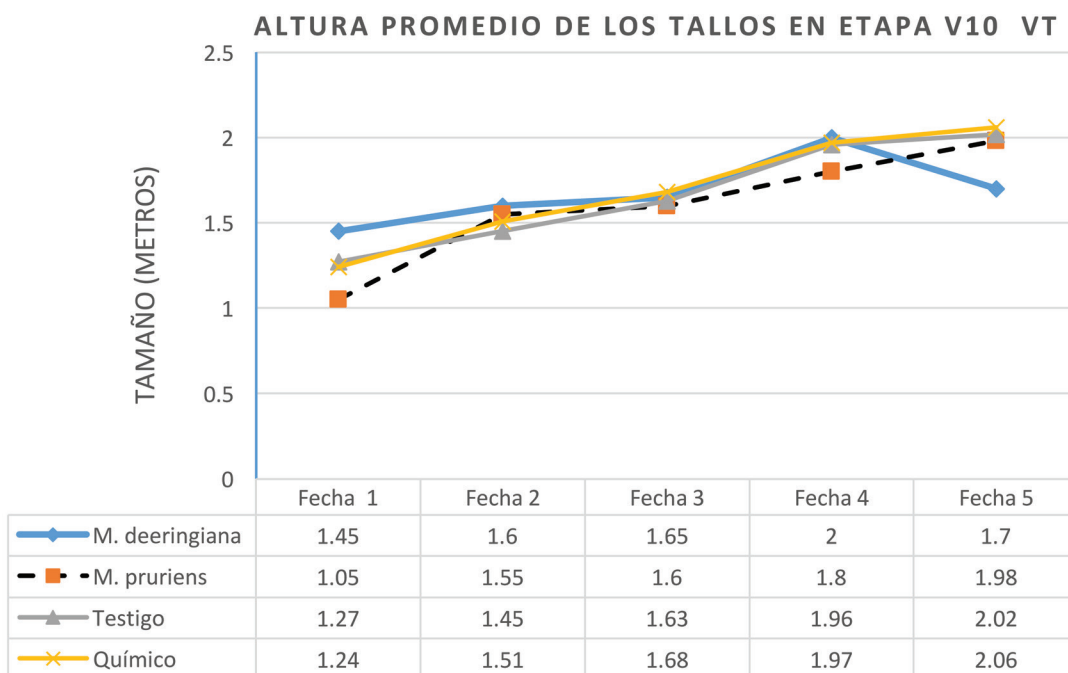
Después de observar que el tratamiento químico fue el mejor tanto en grosor como en altura, para la variable grosor tanto *M. deeringiana* como *M. pruriens* fueron muy similares y no se desviaron sustancialmente del tratamiento químico (Fig. 5). Finalmente, el tratamiento testigo fue el que menor grosor de tallo presentó al final del experimento.

En cuanto a la altura se observa que durante el experimento hubo un crecimiento exponencial ascendente, al final del experimento no se observa diferencias claras, excepto una leve disminución en el T2 (*M. deeringiana*).





**Figura 4.** Grosor del tallo desde la etapa V6 a la VT. Coronado, Costa Rica.



**Figura 5.** Altura de los tallos desde la etapa V6 a la VT. Coronado, San José, Costa Rica.

Con los resultados obtenidos en cuanto a grosor y altura de tallos, tanto en el tratamiento Químico (T3) como el tratamiento con *M. deeringiana* (T2), éstos se correlacionan con los resultados de calidad y rendimiento de mazorcas (Figura 2 y 3), ya que de igual forma el

mejor tratamiento en calidad y rendimiento fue el Químico y seguidamente el tratamiento con *M. deeringiana*, quien obtuvo mejores valores de calidad y mejor rendimiento de mazorcas con respecto al tratamiento con *M. pruriens* y al testigo.

## Conclusiones y Recomendaciones

Con la información obtenida en la investigación realizada, se puede concluir que el contenido de materia orgánica no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, no obstante, con respecto al contenido inicial, existieron diferencias desde el 0.3 al 0.5, lo que demuestra un leve aporte del abono. Por su parte, las características químicas del suelo mostraron variaciones que a pesar de que no fueron significativas como los aumentos en Calcio (Ca), Fósforo (P), Cinc (Zn) y Manganese (Mn) son importantes de considerar para posteriores investigaciones. Aunado a ello, se encontraron diferencias en el crecimiento del cultivo de maíz, en las etapas de muestreo, donde el tratamiento que presentó mayor altura y grosor de tallos fue el tratamiento químico; resultados similares se obtuvieron en el tratamiento con *M. deeringiana*, ambos gráficos se correlacionan con la calidad obtenida en las mazorcas y el rendimiento, en el cual, este último también presentó diferencias significativas,  $p < 0,05$  siendo el tratamiento químico el mejor con un peso promedio de 197 g por mazorca y siendo el tratamiento testigo quien obtuvo los pesos de mazorca más bajos. Se pudo constatar que el tratamiento más rentable fue el tratamiento con *M. deeringiana* (T2), ya que, en comparación con el tratamiento químico, se puede presentar un ahorro de \$97 476,75 por hectárea.

Por lo tanto, se puede afirmar que el uso de *Mucuna* sp. como abono verde en la producción de alimentos en zonas de ladera, constituye una alternativa viable desde el punto de vista agroecológico considerando los beneficios obtenidos con estas prácticas en el tratamiento T2 (*M. deeringiana*) sobre rendimiento y calidad.

Se recomienda utilizar una dosis de *Mucuna* sp. más alta (mayor a 10g) en posteriores

investigaciones para obtener mejores resultados; es importante también, realizar estudios sobre la degradación de la leguminosa *Mucuna* sp. con el fin de conocer cuál es el momento en que se da la mayor liberación de N.

## Bibliografía

- Basantes, E.. (2012). Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz, Var Chillos, en un suelo franco-arcillo-limoso, sector de Sangolquí, Tesis Lic. Sangolquí, Ecuador. Escuela. Politécnica del Ejército. 65p.
- Chinchilla, M; Mata, R & Alvarado, A. (2011). Caracterización y clasificación de algunos Ultisoles de la región de Los Santos, Talamanca, Costa Rica. Revista Agronomía Costarricense. 35(1): 59-81.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. 5ta edición. Editorial McGraw-Hill. México D. F. p. 289.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2014). Cadenas de valor de maíz blanco y frijol en Centroamérica. San José, CR. Ed. R Rivera. 127p.
- Osorno, N. (2006). Infiltración del agua en el suelo manejado bajo enfoques orgánico y convencional con cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis. Lic. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco: MX.
- Parrales, M. (2015). Análisis y determinación de la fijación de nitrógeno a través de la siembra de *Mucuna* (*Stizolobium aterrimum*), Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y Maní forrajero (*Arachis pintoi*) en la zona de Quevedo". Lic. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 86p.
- Peña, W. (2017). Edafología del trópico. EUNED, Costa Rica.