



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ABONOS VERDES EN LA CALIDAD DEL SUELO, EN LA LOCALIDAD DE PERIBUELA (SECTOR EL RABANAL), PARROQUIA IMANTAG, CANTÓN COTACACHI

AUTORES: CHANCOSA MUENALA CRISTINA ALEXANDRA
VIANA MORALES EDWIN ANDRÉS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Franklin Valverde MSc.

COMITÉ ASESOR:

Ing. Carlos Cazco MSc.

Ing. Mónica León MSc.

Ing. Miguel Aragón

Mayo, 2015

LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN: Provincia de Imbabura

BENEFICIARIOS: Comunidad y agricultores del Cantón Cotacachi.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: CHANCOSA MUENALA

NOMBRES: CRISTINA ALEXANDRA

C. CIUDADANÍA: 100325217-6

TELÉFONO CELULAR: 0989622818

CORREO ELECTRÓNICO: crisutn@yahoo.com

DIRECCIÓN: Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: El Sagrario

Mayo, 2015

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: VIANA MORALES

NOMBRES: EDWIN ANDÉS

C. CIUDADANÍA: 100259905-6

TELÉFONO CELULAR: 0991319197

CORREO ELECTRÓNICO: andresviana25@gmail.com

DIRECCIÓN: Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Parroquia: El Sagrario

Mayo, 2015

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN


Fecha: 14 de mayo de 2015

CHANCOSA MUENALA CRISTINA ALEXANDRA, VIANA MORALES EDWIN ANDRÉS. “Evaluación del efecto de abonos verdes en la calidad del suelo, en la localidad de Peribuela (Sector El Rabanal), Parroquia Imantag, Cantón Cotacachi” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario Universidad Técnica del Norte. Ibarra, marzo de 2015. 132 pp. 7 anexos.

DIRECTOR: Ing. Franklin Valverde MSc.

La evaluación del efecto de los abonos verdes sobre la calidad del suelo permitió identificar el mejor abono verde con las características agronómicas deseables para mejorar la calidad de los molisoles.

Fecha: 14 de mayo de 2015



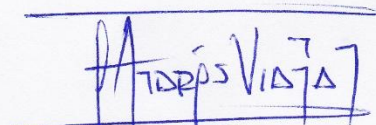
Ing. Franklin Valverde MSc.

Director de tesis



Cristina Chancosa

Autor



Andrés Viana

Autor

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ABONOS VERDES EN LA CALIDAD DEL SUELO, EN LA LOCALIDAD DE PERIBUELA (SECTOR EL RABANAL), PARROQUIA IMANTAG, CANTÓN COTACACHI

AUTORES:

Cristina Alexandra Chancosa Muenala
Edwin Andrés Viana Morales

CO AUTORES:

Ing. Franklin Valverde MSc.
Ing. Soraya Alvarado Ph. D.

RESUMEN: El enfoque de la agricultura actualmente busca alternativas que permitan conservar y mejorar la calidad de los suelos, sin perjudicar el ambiente. La presente investigación evaluó distintas especies de plantas empleadas como abonos verdes e identificó los cambios que producen sobre la calidad de los suelos, aportando información necesaria para la aplicación de esta alternativa en la conservación de suelos, para ellos el objetivo planteado fue evaluar el efecto de fuentes de abonos verdes en la calidad de un Molisol, en el sector El Rabanal, localidad Peribuela, parroquia Imantag, cantón Cotacachi. Los tratamientos resultan de la interacción de los factores cultivos (avena – vicia, haba y fréjol arbustivo), fertilización (con o sin fertilizante) e incorporación de residuos (con o sin incorporación). Las variables evaluadas fueron producción de biomasa fresca, porcentaje y producción de materia seca (MS), contenido de nutrientes en tejido vegetal y suelo, población microbiana del suelo y nitrógeno potencialmente mineralizable (NPM). Los datos se analizaron bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo Factorial AxBxC, con un total de doce tratamientos. Los resultados registraron que la mezcla avena-vicia presentó una producción de material vegetal superior, en relación con haba y fréjol. La acumulación de nutrientes fue mayor con haba. La actividad microbiana del suelo fue mayor con la incorporación de las leguminosas en relación a la mezcla. En cuanto al NPM, inicialmente los tratamientos del cultivo de haba presentaron mayor fracción de N orgánico el que con el tiempo fue disminuyendo; mientras que, con avena vicia este N fue aumentando.

Palabras clave: Conservación de suelos, Abonos verdes, Mineralización.

SUMMARY: The agriculture's focus, nowadays, looks for alternatives which permits to conserve and make much better the quality of the soil, without harming the environment. The present investigation has evaluated different species of plants which are employed as green manure and has identified the changes that are produced about the quality of the soil, contributing with the necessary information so that this alternative may be applicable to conserve the soil. For this case the objective given was to evaluate the effect of the fountains of green manure as soil taxonomy quality, which was held at "El Rabanal" area, located in Cotacachi city, Imantag parish, location of Peribuela. The treatments are the result of the interaction of the cultivated factors (oats-vetch, bush beans and broad beans), fertilization (with or without fertilization), and incorporation of residues (with or without incorporation). The variables included fresh biomass production, a percentage of dry material, dry material production (DM), nutrients in plant tissue, nutrients content in the soil, microbial population in the soil and nitrogen mineralization potential(NMP). The data was analyzed under a design of complete blocks randomly (DCBR) with a factorial upgrade AxBxC, with a total result of twelve treatments. The results indicate a mixture of oats-vetch as the green manure with the most adding of vegetable material related to bush beans and broad bean. The accumulation of nutrients, it was much broader with the broad bean. The soil's microbial activity was greater with the incorporation of the leguminous plants in relation to the mixture. According to the (NMP), initially the treatments of the broad bean's cultivation presented considerable quantities of organic N and as time has passed it has diminished; meanwhile with, oats-vetch N has increased. Accumulated in their fresh biomass considerable quantities of N, P and K unlike bush bean. The incorporation of the green manure increased the contents of N-NH₄⁺, P, K, S, Ca and Mg in the soil; Thus the microbial activity in the soil was the most legumes different from oats-vetch mixture. In the case of nitrogen mineralization potential, the incorporation of broad bean presented the major fraction from organic nitrogen and it has been decreasing as time went by, being available from the seventh day, while oats-vetch requires more time to get mineralized.

Keyword: Soil conservation, green manures, Mineralization

INTRODUCCIÓN

Los abonos verdes son una alternativa efectiva para un manejo sostenible de la tierra (FAO, 2012). Este tipo de agricultura combina la producción agrícola rentable con protección del medio ambiente, que consiste en cultivar las plantas para posteriormente incorporarlas al suelo, esto permite proporcionar nutrientes (Álvarez *et al.*, 2003), mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos; como consecuencia aumentan los rendimientos de los cultivos, e inclusive se disminuye el uso de fertilizantes (MacKenzie, 2000 y Monedero *et al.*, 2002). Además atenúa el deterioro de la fertilidad, resultado del desequilibrio nutricional del suelo, como consecuencia de la extracción de nutrientes en cada cosecha; cuando mayores son los nutrientes minerales que salen del suelo con respecto a los que son agregados por medio de la fertilización (Alvarado *et al.*, 2011). Los abonos verdes aportan entre 10 y 60 t.ha⁻¹ de materia orgánica fresca (Valverde *et al.*, 1998 y Bunch, 1994). Las plantas para este fin necesitan ser de crecimiento rápido, gran producción de biomasa, fácil manejo, adaptabilidad a la zona de cultivo y requerimiento de pocas labores culturales (Flores, 2009). Las especies utilizadas mayoritariamente son leguminosas, por su gran capacidad de fijar N atmosférico; también se emplean gramíneas y crucíferas (Lloyd, 1997 y Flores, 2009); se incorporan cuando alcanzan la etapa de mayor producción de biomasa habitualmente en la etapa de floración (García, 1997), aunque algunos campesinos en Latinoamérica incorporan después de la floración e inclusive cuando el material vegetal está maduro (Bunch, 2003). La fijación de N realizado por leguminosas en simbiosis con la bacteria *Rizhobium* llega a fijar entre el 80 – 90% de los requerimientos de N, mientras el resto lo toma del suelo (Sánchez, 1997). Las leguminosas anuales de ciclo corto pueden fijar entre 50 y 100 kg.ha⁻¹ (Villalobos *et al.*, 2009). Generalmente sustituye total o parcialmente las necesidades de fertilización nitrogenada e incrementa el rendimiento de varios cultivos principalmente en cereales (Dobereiner, 1997). Las leguminosas empleadas como abonos verdes son principalmente vicia (*Vicia sativa*, *V. villosa*, *V. faba*), trébol (*Trifolium repens*, *T. pratense*), chocho (*Lupinus alba*), comúnmente se mezclan con cereales u otras gramíneas (Flores, 2009). Además, estas especies estimulan la actividad microbiana más que las gramíneas, debido a la disponibilidad de N (Gilsanz, 2012). La determinación de actividad microbiana es un indicador importante para determinar la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas; los microorganismos conducen a la biodegradación de la materia orgánica y constituyen un importante reservorio de C, N y P (Díaz *et al.*, 1993). Las gramíneas aportan mayor cantidad de materia verde (Bartz, 1998), las especies más empleadas son centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*), el sistema radicular de estas especies permite ablandar el terreno; y las mezclas de leguminosas y gramíneas tienden a formar un

humus más estable (Muñoz, 2014), la descomposición de las primeras es mayor en la etapa inicial, mientras que, en las gramíneas esta velocidad es menor (Bartz, 1998). La mineralización de los abonos verdes depende de la cantidad y calidad de los residuos (Martin y Rivera, 2001), y de factores como pH del suelo, temperatura, humedad, relación C/N. La determinación de NPM permite cuantificar el aporte de N del suelo para los cultivos (Stanford and Smith, 1972). Se han realizado investigaciones en Colombia (municipio de Turmequé) para mejorar la calidad de los suelos erosionados (Viteri *et al.*, 2008); rehabilitación y mejoramiento de suelos sulfatados ácidos, que son suelos con bajos contenidos de materia orgánica (Hernández y Viteri, 2006). También se han implementado en los sistemas de rotación de cultivos para mejorar la producción de maíz (Ruiz y Loaeza, 2003), y como fertilización en suelos francos para el desarrollo de cebolla, lechuga, zanahoria y repollo (Thorup, 2006). En Ecuador Romero (2010), utilizó para rehabilitar suelos cangahuosos (Duripan) mediante la incorporación de abonos verdes; y Chasi y Muso (2009) para mejorar la producción en el cultivo de papa, en el cantón Latacunga.

El objetivo principal en esta investigación fue: evaluar el efecto de fuentes de abonos verdes sobre la calidad de un Molisol de la localidad Peribuela (Sector El Rabanal), Parroquia Imantag, Cantón Cotacachi.

Los objetivos específicos fueron:

- Cuantificar la cantidad de nutrientes esenciales que se incorporan al suelo, con las fuentes de los abonos verdes (avenavicia, fréjol y haba).
- Determinar el nivel de mineralización de las fuentes de abonos verdes, a través de la determinación de la fracción de N potencialmente mineralizable (NPM).
- Identificar los cambios químicos y microbianos en el suelo por efecto de la incorporación de los abonos verdes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase de campo se realizó en la localidad Peribuela (Sector El Rabanal), Provincia de Imbabura, ubicado a 2574 msnm. Los análisis de laboratorio se realizaron en el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

El tipo de suelo corresponde a un Molisol, presentó un pH en H₂O de 6,91, contenido medio de materia orgánica (4,8%), concentraciones altas de fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), medios de N-NH₄ y potasio (K).

Los factores en estudio fueron: cultivos, fertilización e incorporación de residuos.

Las especies evaluadas fueron avena (*Avena sativa*), vicia (*Vicia sativa*), fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*) y haba (*Vicia faba*). Las especies avena y vicia emplearon en mezcla; mientras que, haba y fréjol en monocultivo. En cuanto a fertilización e incorporación de residuos se analizó la privación o uso de fertilizante e incorporación de los residuos. Los tratamientos resultaron de la combinación de los tres factores en estudio (Cuadro 1), y se analizaron bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo Factorial AxBxC (3x2x2), con un total de doce tratamientos con tres repeticiones. En los tratamientos que se encontraron significancia en el análisis estadístico se realizó la prueba de Tukey al 5% de significancia.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados

Trat.	Cultivos	Residuos	Fertilización
T1	Avena-vicia	Sin	Sin
T2	Avena-vicia	Sin	Con
T3	Avena-vicia	Con	Sin
T4	Avena-vicia	Con	Con
T5	Fréjol	Sin	Sin
T6	Fréjol	Sin	Con
T7	Fréjol	Con	Sin
T8	Fréjol	Con	Con
T9	Haba	Sin	Sin
T10	Haba	Sin	Con
T11	Haba	Con	Sin
T12	Haba	Con	Con

Variables analizadas

- *Producción de biomasa fresca*

Se cortó y se pesó todo el material vegetativo que correspondía al área de la parcela neta. La cosecha se realizó en la etapa de mayor producción de material vegetal, el fréjol en su etapa de producción en tierno, el haba y avena-vicia en floración. Los resultados se expresaron en t.ha⁻¹.

- *Porcentaje de materia seca (%MS)*

Antes de la incorporación se procedió a muestrear cuatro plantas al azar. Las plantas de fréjol y haba se subdividieron en sus respectivos órganos. Se tomó el peso fresco y posteriormente se secó la muestra utilizando una estufa de ventilación forzada por un tiempo de 48 a 72 horas a una temperatura de 65 °C. Se empleó la siguiente fórmula para su cálculo:

$$\%MS = (\text{peso seco}/\text{peso fresco}) \times 100$$

- *Producción de materia seca*

Con los datos obtenidos de %MS se calculó la producción de materia seca de los órganos de la planta o plantas completas en t.ha⁻¹, mediante la siguiente fórmula:

$$MS_{t,ha^{-1}} = \text{peso fresco}_{t,ha^{-1}} \times (\%MS/100)$$

- *Contenido de nutrientes en tejido vegetal*

Se molieron las muestras empleadas para calcular el porcentaje de materia seca y se determinaron los contenidos de macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg y azufre (S); y micronutrientes: zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y boro (B). Para el efecto se utilizó el método de digestión húmeda con ácido nítrico-perclórico y absorción atómica; excepto para N que se utilizó el método micro Kjeldahl. Con los datos de concentración de nutrientes y rendimiento de materia seca se obtuvo la extracción de nutrientes y se expresaron los macronutrientes en kg.ha⁻¹ y micronutrientes en g.ha⁻¹

- *Contenido de nutrientes en el suelo*

Se colectaron muestras de suelo al momento de la evaluación de los abonos verdes y a las cinco semanas de la incorporación, a una profundidad de 0 a 20 cm, con la finalidad de conocer los cambios químicos ocurridos durante este proceso, en las que se analizaron macronutrientes, micronutrientes, materia orgánica y pH. Los análisis se realizaron en el laboratorio del DMSA de la EESC del INIAP.

- *Población microbiana del suelo (BMS)*

Se realizaron cinco muestreos el primero antes del corte e incorporación de los abonos verdes; el segundo, tercero y cuarto con un intervalo de ocho días entre muestreos a partir del cuarto muestreo se realizó cada quince días. Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm en cada parcela neta; en el laboratorio cada muestra se dividió en dos, para el análisis de biomasa microbiana y NPM. La determinación de biomasa microbiana se realizó siguiendo el método de fumigación e incubación con cloroformo propuesta por Horwath y Paúl (1994). Los cálculos se realizaron utilizando la siguiente fórmula:

$$BMS = \text{mg de C del CO}_2 / \text{gramos de suelo seco}$$

- *Determinación de NPM*

Para el efecto el suelo fresco es pasado a través de un tamiz de 2mm, pesado e incubado a una temperatura de 25 °C durante 28 días, controlando y corrigiendo la pérdida de humedad. Al inicio y al final del proceso de incubación se realiza la extracción para determinar la cantidad de N-NO₃⁻ y N-NH₄⁺. El NPM es calculado con la siguiente fórmula:

$$NPM = [N-NH_4^+ + N-NO_3^- \text{ en 28 días}] - [N-NH_4^+ + N-NO_3^- \text{ inicial}]$$

El amonio se determinó utilizando el método del azul de indofenol; en el que el compuesto de azul de indofenol se obtiene de la reacción a pH alto de amonio e hipoclorito. El calcio y el magnesio se acompletejan con el citrato para evitar interferencias. El nitrato se determinó utilizando el

método del ácido salicílico, el mismo que en presencia del ion NO_3^- forma un complejo de color amarillo apreciable en un medio altamente alcalino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa fresca y materia seca

En el Cuadro 2, se observa que el abono verde conformado por la mezcla avena-vicia presentó mayor producción de biomasa fresca y materia seca, en relación a las leguminosas. Esta información es corroborada con lo mencionado por Gómero y Velásquez (1998), que observaron mejores resultados al emplear mezclas o asociaciones de dos cultivos, generalmente gramínea-leguminosa porque aportan grandes cantidades de biomasa aérea y subterránea, permitiendo mejorar la fertilidad de los suelos (Zaragoza *et al.*, 2009). El porcentaje de materia seca fue mayor en el cultivo de fréjol dado que la planta presenta la formación de otros órganos (etapa de producción en grano), la fructificación de esta especie representa un aumento en la materia seca (Delgado *et al.*, 2009).

Cuadro 2. Producción de biomasa fresca y seca. Peribuela, 2013.

Cultivos	Biomasa fresca (t.ha ⁻¹)	Biomasa seca	
		%	(t.ha ⁻¹)
Avena-vicia			
Avena	17,92	38,10	6,73
Vicia	34,76	25,79	9,01
Fréjol			
Vaina	1,84	22,24	0,42
Grano	1,07	46,79	0,49
Residuos	2,11	24,17	0,51
Haba			
Raíz	3,31	19,83	0,65
Residuos	41,20	23,50	9,39

Contenido de nutrientes en tejido vegetal

En los Cuadros 3 y 4, se presenta el aporte de macro y micronutrientes en el tejido vegetal de los abonos verdes. Haba fue el cultivo que presentó mayor acumulación de N, mientras que, en avena-vicia fue menor este nutriente; esto se debe a la capacidad de las leguminosas para fijar N_2 (Muñoz, 2014), pudiendo llegar a 500 kg.ha⁻¹. Ernest (2004), indica que la cantidad de N fijado está directamente relacionado con la producción de materia seca de la leguminosa, y en promedio fija 30 kg por cada tonelada de materia seca; como es el caso de los datos obtenidos en esta investigación. El resto de macronutrientes fueron superiores en la biomasa de avena-vicia.

Las acumulaciones de B, Zn, Cu, Fe y Mn están determinadas por los cultivos y la cantidad de biomasa producida. La cantidad de nutrientes que se incorporan al suelo con los abonos verdes

depende de la especie y el manejo del cultivo (Valverde *et al.*, 1998; Gonzálves y Pomares, 2008). Los abonos verdes estudiados acumulan mayor cantidad de Zn en relación al Cu.

La influencia de la fertilización e incorporación de residuos sobre la acumulación de macro y micronutrientes, fue mínima y por lo tanto no presentó diferencias estadísticas. El factor determinante en la acumulación de nutrientes fueron los cultivos empleados como abonos verdes.

Cuadro 3. Contenido de macronutrientes en la biomasa fresca. Peribuela, 2013.

	Contenido (kg.ha ⁻¹)		
	Avena-vicia	Fréjol	Haba
N	348,08	37,07	358,23
P	65,47	4,43	37,00
K	442,36	23,78	278,63
Ca	129,00	17,20	83,20
Mg	37,56	4,03	30,86
S	35,74	2,53	18,53

Cuadro 4. Contenido de micronutrientes presentes en la biomasa fresca. Peribuela, 2013.

	Contenido (g.ha ⁻¹)		
	Avena-vicia	Fréjol	Haba
B	464,12	17,47	356,97
Zn	522,59	49,83	517,78
Cu	123,96	14,42	168,37
Fe	2837,83	419,03	9987,32
Mn	457,85	26,00	505,59

Contenido de nutrientes en el suelo

Los análisis realizados antes de la incorporación, mostraron que al finalizar el ciclo de abonos verdes, en el suelo en general acumuló cantidades altas de P, K, Ca y Mg; 42 días posteriores a la incorporación se identificó un aumento en los contenidos de N, P, S y Ca en el suelo; estos resultados son confirmados con lo mencionado por Martín y Rivera (2004), la incorporación de abonos verdes permite obtener una cantidad de elementos rápidamente asimilables, así como también se obtendrá actividad biológica muy alta. El contenido de N en las parcelas de avena-vicia fue menor a las que presentaron las leguminosas, dado que el proceso de mineralización es más lento en las gramíneas, debido a la relación C/N mayor a las leguminosas; este N se encuentra parcialmente inmovilizado, para disponer de este elemento en su totalidad se necesitara un mayor periodo de tiempo.

La acumulación de los micronutrientes en el suelo después de la incorporación de los abonos verdes fue menor con lo observado con los

macroelementos, que obtuvieron un aumento en sus concentraciones luego de la incorporación; a excepción de Fe, que presentó un aumento.

Los resultados evidencian el efecto de la incorporación de los abonos verdes sobre el contenido de macroelementos en el suelo.

Cuadro 5. Contenido de nutrientes en el suelo. Peribuela, 2013.

Concentración	Análisis inicial	Análisis final
N-NH₄	26,97	51,08
P (ppm)	50,19	67,39
S	11,14	16,89
K	0,37	0,48
Ca (meq/100ml)	8,86	11,49
Mg	2,85	3,03
Zn	4,88	4,00
Cu	9,41	9,03
Fe (ppm)	213,17	281,97
Mn	11,57	7,25
B	1,10	0,80

Biomasa microbiana del suelo

La actividad microbiana del suelo varió en función del cultivo incorporado; la mayor cantidad estuvo asociada con fréjol y haba respecto a avena-vicia (Gráfico 1). De lo obtenido se puede inferir que la actividad microbiana depende del tipo de abono verde utilizado; las leguminosas estimulan la actividad microbiana más que las gramíneas, debido a la mayor disponibilidad de N (Gilsanz, 2012). Por lo que, la velocidad de descomposición entre gramíneas y leguminosas es diferente, en las leguminosas este proceso es más rápido especialmente en la fase inicial, mientras en las gramíneas esta velocidad es representativamente menor, aunque más constante en el tiempo (Bartz, 1998).

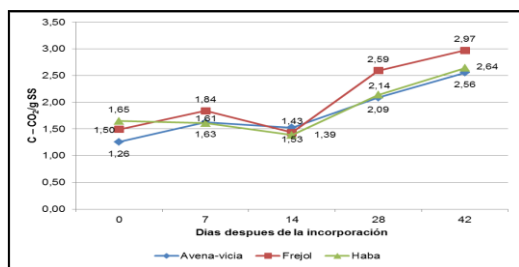


Gráfico 1. Efecto de los abonos verdes sobre la actividad microbiana, en función del tiempo.

Nitrógeno Potencialmente Mineralizable

Los resultados presentados en el Cuadro 6 indican que, la calidad de residuos asociados con cada cultivo y el tiempo de mineralización son elementos críticos para la liberación de N y el cambio en la composición de la fracción de N orgánico. Esta fracción inicialmente fue mayor en haba y con el tiempo fue disminuyendo; mientras

que con la incorporación de residuos de avena – vicia y fréjol fue aumentando con el tiempo con el máximo observado para la avena – vicia en el quinto muestreo. A medida que transcurre la mineralización, la fracción de N orgánico disminuye más rápidamente precisamente en los tratamientos en los que existió mayor cantidad de residuos.

Cuadro 6. Efecto de la incorporación de abonos verdes sobre el contenido de NPM. Peribuela, 2013.

ddi*	Concentración NPM (ppm)		
	Avena-vicia	Fréjol	Haba
0	34,58	41,93	58,83
7	41,78	53,63	25,29
14	63,17	54,70	57,58
28	54,00	70,91	55,73
42	72,54	51,25	51,62

* Días después de la incorporación

CONCLUSIONES

- La mezcla avena-vicia es el abono verde con mayor aporte de material vegetal (52,68 t.ha⁻¹) de los cuales avena aportó el 34% y vicia el 66%; seguida por las leguminosas en monocultivo con una contribución de 44,51 t.ha⁻¹ para haba y 5,02 t.ha⁻¹ para fréjol.
- El mayor porcentaje de materia seca estuvo asociada con avena-vicia (29,87%) seguida por fréjol y haba que presentaron 28,33% y 23,18%; respectivamente.
- Los abonos verdes dentro de los sistemas de producción agrícola representa un aporte significativo de nutrientes esenciales para el suelo. La mezcla avena-vicia acumuló 348,06 N kg.ha⁻¹ (20% avena y 80% vicia), 65,47 P kg.ha⁻¹ (45% avena y 55% vicia) y 442,36 K kg.ha⁻¹ (38% avena y 62% vicia). El material vegetal fresco de haba extrajo 358,21 kg.ha⁻¹ de N, 37,01 kg.ha⁻¹ de P y 278,63 kg.ha⁻¹ de K. Fréjol concentró 37,02 kg.ha⁻¹ de N, 4,42 kg.ha⁻¹ de P y 23,77 kg.ha⁻¹ de K. El mayor aporte de N y P, se encontró en la parte aérea de haba y en el grano para fréjol; mientras que K en las vainas de fréjol y residuos del haba.
- Los análisis químicos de suelos realizados permitieron evidenciar el efecto de la incorporación de los abonos verdes; que fueron evaluados a los 42 días después de la incorporación. Con avena-vicia se incrementó 21,2 ppm de N-NH₄⁺, 23,3 ppm de P, 0,24 meq/100ml de suelo de K, 8,3 ppm de S, 1,92 meq/100ml de suelo de Ca, 0,17 meq/100ml de suelo de Mg. Con fréjol 24,2 ppm de N-NH₄⁺, 14,3 ppm de P, 0,06 meq/100ml de suelo de K, 4,7 ppm de S, 3,0 meq/100ml de suelo de Ca, 0,28 meq/100ml de suelo de Mg. Con haba 31,8 ppm de N-NH₄⁺, 13 ppm de P, 0,17 meq/100ml de suelo de K, 4,3 ppm de S, 3,3 meq/100ml de suelo de Ca y 0,23 meq/100ml de suelo de Mg.

- La actividad microbiana en el suelo se incrementó luego de la incorporación de los abonos verdes, siendo mayor en las leguminosas con respecto a la mezcla avenavicia (gramínea – leguminosa).
- La incorporación de fréjol y haba 7 días antes de la siembra del siguiente cultivo, permite aprovechar el máximo de N asimilable para las plantas; mientras que al emplear la mezcla avena – vicia como abono verde se deberá esperar al menos 42 días después de su incorporación para que el N disponible para su absorción por parte de la planta.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar la calidad y productividad de los suelos se recomienda el uso de los abonos verdes antes de implantar el cultivo de interés económico para el agricultor, debido al gran aporte de nutrientes que provee al suelo.

REFERENCIAS

1. Alvarado, S., Jaramillo, R., Valverde, F. y Parra, R. (2011). Manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. (Boletín Técnico Núm. 150). Quito: INIAP - IPNI. 25pp.
2. Álvarez, M., Martín, G. M., y Rivera, R. (2003). Producción de maíz mediante la introducción de los abonos verdes en la agricultura cubana. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 24(1-2):41. Recuperado de http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA146348039&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=c3b28e2c394bc7e70ee339d5e7807f3c
3. Bartz, H. (1998). Dinámica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto. In: Fries, M (Ed), IV Curso de Atualização em Recornedação de Adubação e Calagem (4, 1998, Santa María, RS) Plantio direto em solos Arenosos: Alternativas de Manejo para a sustentabilidade agropecuaria. Palestras apresentadas. Santa María, Brasil: Palloti. p 52-81.
4. Bunch, R. (1994). El Uso de Abonos Verdes por Agricultores Campesinos: Lo que hemos aprendido hasta la fecha. (2 Ed). Tegucigalpa: Centro Internacional de Información Sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO). 8pp.
5. Bunch, R. (2003). Adoption of green manure and cover crops. *Leisa*, 19: 16-18.
6. Chasi, A. y Muso, H. (2009). Evaluación del efecto de la incorporación de cinco especies de leguminosas como abono verde en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres localidades de la Provincia de Cotopaxi. (Tesis de Ingeniería). Universidad técnica de Cotopaxi.
7. Delgado, R., Cabrera, E., Ortega, B. y Velásquez, L. (2009). Acumulación de materia seca, N, P y K en frijol cultivado bajo labranza mínima y convencional en un Mollisol en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 59(4): 401 – 411. Recuperado de http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5904/pdf/5904delgado_r.pdf
8. Díaz Raviña, M. Acea, J. Carballas, T. (1993). Microbial biomass and its contribution to nutrients concentrations in forest soil. *Soil Biol. Biochem*, 25:25-31
9. Dobereiner, J. (1997). Biological nitrogen in the tropics: Soil and economic contributions. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5-6), 771-779.
10. Ernst, O. (2004). Leguminosas como cultivos de cobertura. Informaciones agronómicas del cono sur (Informe No. 21). Recuperado de [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/4D63CE7B3A2197D203256E600071D400/\\$file/Leguminosa+Cultivo+Cobertura-Ernst.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/4D63CE7B3A2197D203256E600071D400/$file/Leguminosa+Cultivo+Cobertura-Ernst.pdf)
11. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2012). *Agricultura de Conservación*. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/ca/es/>
12. Flores, J. (2009). *Agricultura Ecológica: Manual y Guía Didáctica*. Madrid, España: Mundi-Prensa. 400pp.
13. García, M. (1997). Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. (Tesis de doctorado). Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba: INCA. 98 pp.
14. Gilsanz, J. (2012). Abonos verdes en la producción hortícola: Usos y manejo. Montevideo, Uruguay: INIA. 63pp.
15. Gómero, L. y Velásquez, H. (1998). Manejo de suelos: Conceptos, técnicas y experiencias. Lima, Perú: RAAA. pp 196-200.
16. González, V. y Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Valencia, España: SEAE. 24pp.
17. Hernández, D. y Viteri, S. (2006). Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 24(1): 131 – 137.
18. Horwath & Paul. (1994). *Methods of Soil Analysis. Microbiological and Biochemical Properties*. Michigan, EE. UU: Michigan State University. pp. 754 - 761.
19. Lloyd, P. (1997). The vegan news. Green manure crops. Recuperado de http://higherwaltonandhoughtonallotments.weebly.com/uploads/6/1/9/2/6192728/article_on_green_manures.htm
20. MacKenzie J. (2000). Green manure cover crops for Minnesota. Recuperado de <http://www3.extension.umn.edu/projects/yardandgarden/ygbriefs/H234greenm.html>
21. Martín, G y Rivera, R. (marzo, 2004). Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la

- nutrición de cultivos de importancia económica. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe España y Portugal*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217916013>
22. Martín, M. y Rivera, R. (2001). Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica. *Cultivos Tropicales*, 22(03):89-96 Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217916013>
 23. Monedero M, Alfonso, C., González, B. y Uriarte R. (2002). Factibilidad económica y ecológica del uso de la asociación Maíz + *Canavalia ensiformis* en un sistema maíz-fríjol. La Habana, Cuba: Congreso Científico del INCA.
 24. Muñoz, L. (2014). Agrohuerto. Abono verde para el huerto ecológico. Recuperado de: <http://www.agrohuerto.com/abono-verde-para-el-huerto-ecologico/>
 25. Romero, M. (2010). Rehabilitación de suelos cangahuosos mediante la incorporación de abonos verdes. (Tesis de Ingeniería). Escuela superior politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador
 26. Ruiz Vega, J. y Loeza Ramírez, G. (2003). Evaluación de los abonos verdes en asociación con maíz de temporal en los valles centrales de Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana*, 21(3): 409-415
 27. Sánchez Yáñez, J. M. (1997). Producción de inoculantes para leguminosas y gramíneas. Coordinación de la Investigación Científica. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Proyecto 2.7. Reporte técnico.
 28. Stanford, G. and Smith, S. J. (1972). Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil/Sd. Soc. Am.*, 36: 465-472.
 29. Thorup Kristensen, K. (2006). Root growth and nitrogen uptake of carrot, early cabbage, onion and lettuce following a range of green manures. *Soil Use Manage*, 22: 29-38.
 30. Valverde, F., Córdova, J. y Parra, R. (1998). Fertilización del cultivo de la papa. Quito, Ecuador: INIAP, PNRT/Papa, DMSA. 37 pp
 31. Villalobos, F., Mateos, L., Orgaz, F. y Fereres, E. (2009). Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción agrícola. (2da ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa. 297-304 pp.
 32. Viteri, S., Martínez, J. y Bermúdez, A. (2008). Selección de abonos verdes para los suelos de Turmequé (Boyacá). *Agronomía Colombiana*, 26(2):332-339.
 33. Zaragoza, E., Hernández, A., Pérez, J., Herrera, J., Osnaya, F., Martínez, P., González, S. y Quero, A. (2009). Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Téc. Pecu*, 47: 173-188