

Evaluación de dos especies leguminosas como abono verde. Cuenca alta del río Chama, Mérida, Venezuela

Evaluation of two legume species as green manure.

Upper watershed of Chama River, Mérida, Venezuela

YOLANDA MOLINA¹,
ARGENIS MORA²,
MANUEL RAMOS¹
y LIGIA PARRA³

1 Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Grupo de Estudios Cuencas Altas Tropicales, Departamento de Ordenación de Cuencas, Escuela de Ingeniería Forestal, Mérida, Venezuela, Correo electrónico: ymolina@ula.ve

2 Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Grupo de Investigación Manejo Múltiple de Ecosistemas Forestales, Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, correo electrónico: amora@ula.ve

3 Asociación de Coordinadores de Ambiente del Municipio Rangel, Mérida, Venezuela.

Recibido: 05-03-11 / Aceptado: 23-11-11

Resumen

Se llevó a cabo una investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento de las especies *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum* como cultivos de abono verde para la recuperación de la fertilidad de suelos en la cuenca alta del Río Chama, en las adyacencias de la población de Mucuchíes del Estado Mérida, Venezuela. Se estableció un ensayo en campo bajo un diseño en bloques completos cuyo arreglo de tratamientos fue un factorial de 2x2 (dos especies leguminosas combinada con dos métodos de siembra), asignándose las cuatro combinaciones aleatoriamente en parcelas de 1 m². Se realizaron análisis de suelo antes de la siembra de las especies leguminosas seleccionadas, al momento de la incorporación del material vegetal y en el proceso de descomposición del material incorporado. Los resultados muestran que *L. meridanus*, independientemente del tipo de siembra, tiene un mejor comportamiento en el aporte de bases cambiables al suelo en comparación al *P. sativum*. Tanto el método de siembra, como la especie leguminosa afectaron el contenido de materia orgánica, siendo relativamente mayor en *P. sativum* que en *L. meridanus*. Ninguna de las especies de leguminosas evaluadas en este ensayo, produjo cambios estadísticamente significativos para el contenido de magnesio a lo largo del tiempo. En general, se concluye que el *L. meridanus*, y el *P. sativum* para las áreas alrededor de la población de Mucuchíes, podrían significar una alternativa importante para la recuperación progresiva de la fertilidad del suelo y en consecuencia de la disminución del uso de abonos químicos permitiendo mejorar sustentablemente la productividad de los rubros agrícolas que se producen en la zona.

Palabras clave: *Lupinus meridanus*, *Pisum sativum*, abonos verdes, fertilidad de suelo, cuencas altas.

Abstract

A research was carried out in order to evaluate the performance of *Lupinus meridanus* and *Pisum sativum* as green manure crops for recovering of soil fertility in high watershed of Chama river, Mucuchies, Venezuela. A field trial was settled according to block design under a factorial arrangement 2x2 (two legumes combined with two sowing methods). The four treatments were assigned to 1 m² plots. Soil analysis was made before the sowing time of the legumes, when the legumes were incorporated into the soil, and during the process of biomass decomposition. The results showed that soils under *L. meridanus*, independently of sowing methods, had higher content of exchangeable bases than under *P. sativum*. In addition, organic matter content was relatively higher in *P. sativum* than under *L. meridanus*. No significant difference was found between magnesium mean content for both legumes during the period of the trial. In general, it is concluded that *L. meridanus* and *P. sativum* could be considered as an alternative source of green manure for the recovering of soil fertility in high watershed of Chama river, Mucuchies, Venezuela. As a consequence, it is possible to prevent the using of chemical fertilizers while a sustainable productivity of crops is possible in the zone.

Key words: *Lupinus meridanus*, *Pisum sativum*, green manure, soil fertility, high lands.

1. Introducción

A través de la historia el hombre ha estado preocupado por lograr el mejoramiento y mantenimiento de la fertilidad de los suelos con fines agrícolas. En forma empírica se ha demostrado que ciertos métodos y prácticas han contribuido al enriquecimiento nutricional y conservación de los suelos (Llanos, 1982; citado por Restrepo, 1992). Entre algunas alternativas reportadas se encuentran los cultivos de coberturas y los abonos verdes. Es frecuente confundir las prácticas de cultivos de coberturas con el de cultivos para abono verde. Se define como cultivo de cobertura aquellos establecidos para proporcionar cobertura en el suelo durante un período de tiempo prolongado en asociación con otro cultivo de interés agrícola con fines de conservación de suelos (Driver y Sullivan, 1992). Sin embargo, el cultivo de cobertura podría ser incorporado más tarde al suelo como rastrojo; de allí que esta práctica tienda a confundirse con los abonos verdes.

La aplicación de abonos verdes tienen efectos favorables sobre las propiedades físicas del suelo, promueven abundante desarrollo radicular de los cultivos agrícolas en asociación, y ejercen influencia positiva sobre la disponibilidad del fósforo en la relación suelo-planta (Restrepo, 1992). Los cultivos para abono verde pueden ser usados: a) en la rotación con otros cultivos agrícolas de interés, sobre todo durante el período de descanso de los lotes ya cultivados y cosechados; b) en asociación con cultivos perennes, especialmente arbóreos, en el cual el cultivo de abono verde se establece entre las hileras de la plantación. Mientras que, los cultivos de cobertura pueden establecerse en fajas como práctica para reducir la erosión o como barreras que rompan la continuidad de los campos de cultivos; especialmente en laderas y pendientes de montaña. Los abonos verdes pueden resultar especialmente importantes en suelos degradados caracterizados por su baja fertilidad, donde no se dispone de fertilizantes químicos por sus altos costos y en aquellos casos en que no se deben usar enmiendas químicas por estar los lotes de suelos cerca de fuentes de agua para el abastecimiento doméstico. La selección de las especies para ser usadas como abonos verdes debe obedecer a las características de clima y suelo de la localidad; ser compatibles con la rotación y los cultivos agrícolas a establecer y minimi-

zar los riesgos de plagas o de enfermedades en los cultivos subsiguientes.

Las leguminosas son las especies más empleadas tanto para abonos verdes como para cultivos de cobertura, dada su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico en favor de los cultivos agrícolas establecidos en asociación. Además, ellas contribuyen a disminuir la erosión y el crecimiento de malezas; conservan la humedad y aportan otros nutrientes al suelo. Plantas leguminosas del género *Lupinus* se encuentran ampliamente distribuidas en el Páramo Merideño. Un total de 17 especies han sido identificadas en la región (Briceño y Morillo, 2002), siendo *Lupinus meridanus* Moritz la especie con relativa importancia en los períodos de barbecho o descanso en suelos destinados a la agricultura (Sarmiento *et al.*, 2003). Se ha reportado que junto a *Rumex acetocella*, *L. meridanus* suele dominar la etapa intermedia en la sucesión vegetal durante el período de barbecho de cultivos agrícolas (Abadin *et al.*, 2002). Esta especie leguminosa autóctona del páramo puede ser cultivada extensivamente para el enriquecimiento en nitrógeno de los suelos pobres en nutrientes del páramo andino debido a que en sus raíces se forman nódulos debido a la presencia de la bacteria fijadora de nitrógeno *Bradyrhizobium sp* (Vielma, 1999). Otra planta leguminosa usada como cultivo y potencial fijadora de N es la *Pisum sativum* L. Esta es capaz de utilizar N atmosférico a través de la relación simbiótica con el *Rhizobium* (Bourion *et al.*, 2007).

Antes del auge de la actividad agrícola intensiva, la agricultura del páramo Merideño se había caracterizado por largos períodos de barbecho para los cultivos de la papa, ajo y otras hortalizas importantes. Este tipo de práctica agrícola alternaba períodos de cultivo de dos a tres años con períodos de barbechos entre 5 y más de 10 años (Sarmiento y Bottner, 2002), después del cual la vegetación sucesional era incorporada en el suelo a través del arado a una profundidad de 20 cm. Se ha estimado que la cantidad total de fitomasa incorporada al suelo durante este arado estaba entre 778 g/m² y 989 g/m² en barbechos de 6 a 12 años (Sarmiento y Monasterio, 1993). Sin embargo, esta tipo de agricultura ha ido desapareciendo debido al uso indiscriminado de fertilizantes inorgánicos y de pesticidas, por lo que los períodos de barbecho se han reducido dramáticamente. Esta práctica ha traído como consecuencia una rápida pérdida de la ferti-

lidad de los suelos durante el período de los cultivos; por ejemplo, se ha reportado una reducción en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum*) de 5 a 18 t/ha a lo largo de cuatro años consecutivos de cultivo a pesar de la aplicación de la fertilización mineral (Abadin *et al.*, 2002). En la región de Mucuchíes, específicamente en la microcuenca Misintá, se mantiene hasta la actualidad el cultivo intensivo de la papa, zanahoria y ajo, y de menor importancia el repollo, coliflor, cebollín y trigo; con un uso intensivo de insumos agrícolas, tales como fertilizantes y plaguicidas. En el laboreo de suelos se usa la tracción animal (Blanco, 1960 citado por Hueje, 1992; Pomarico, 2007).

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, evaluar dos especies leguminosas como cultivos de abono verde para la recuperación de la fertilidad de suelos en la cuenca alta del río Chama. Fundamentalmente se estudió el efecto de las especies *L. meridanus* y *P. sativum* sobre las propiedades químicas y calidad de los suelos.

2. Materiales y métodos

La zona de estudio se localiza en la cuenca alta del río Chama, del estado Mérida, en las adyacencias de la población de Mucuchíes, capital del municipio Rangel. El ensayo se estableció en la finca "Los Siete Amores" propiedad de la señora Ligia Parra, ubicada en la microcuenca Misintá, a 2 km hacia el oeste de la población de Mucuchíes, en Latitud norte desde 8°47'53" hasta los 8°45' 59" y Longitud oeste desde 70° 54' 55" hasta 70° 53' 32". La finca tiene una superficie de 581,2 ha y su altitud varía entre los 3200 y los 3800 msnm (Pomarico, 2007). Esta zona se caracteriza por presentar alta pedregosidad, variando el grado entre 10 - 40 %. Son suelos de textura franco-arenosa con moderada cantidad de arcilla. La cuenca alta del río Chama presenta un régimen de lluvias unimodal, alrededor de los 671 mm/año, teniendo una estación seca entre diciembre y mediados de marzo y una estación lluviosa que se extiende desde mediados de abril hasta octubre; noviembre es un mes de transición. Las temperaturas oscilan entre 9,5 °C y 13,5 °C (Peña y Duerto, 1987).

2.1 Diseño y establecimiento del experimento en campo

Para el diseño del ensayo se definieron dos factores experimentales, las especies de leguminosas: a) *L. meridanus*, y b) *P. sativum*. Cada una de estas especies fue sembrada a) en chorro, el cual consiste en la aplicación de las semillas directamente sobre el suelo en forma lineal y b) al voleo, el cual consiste en distribuir la semilla sobre el área sin ningún arreglo predeterminado. De esta manera el arreglo de tratamientos consistió en un factorial de 2², asignándose las cuatro combinaciones aleatoriamente en parcelas de 1 m² bajo un diseño en bloques. Se configuraron en el terreno 2 bloques, 4 tratamientos por bloque y 4 parcelas por combinación de tratamiento (Figura 1).

2.2 Fuente de las semillas y proceso de pregerminación

Las semillas de *L. meridanus*, fueron obtenidas directamente de individuos que se encontraban de forma natural en campo en una finca adyacente a aquella donde se instaló el ensayo, y las de *P. sativum* (arveja común), fueron obtenidas a través de un productor de la localidad de La Toma adyacente a la población de Mucuchíes. Los métodos de pregerminación, fueron para el *L. meridanus* del tipo físico, pasándolo por agua caliente durante 15 segundos, y luego fueron lavadas durante 48 horas con agua a chorro continuo a fin de eliminar sustancias inhibitoras de la germinación. Al *P. sativum* no se le aplicó ningún tratamiento pregermi-

BLOQUE 1	1 PsCh	2 LmV	3 PsV	4 LmCh
	5 PsV	6 PsCh	7 LmCh	8 LmV
BLOQUE 2	9 PsCh	10 PsV	11 LmCh	12 LmV
	13 LmCh	14 PsV	15 LmV	16 PsCh

Figura 1. Distribución espacial en campo de las unidades experimentales (16 parcelas de 1 m²) y asignación de tratamientos en cada una de ellas (Ps: *Pisum sativum*; Lm: *Lupinus meridanus*; Ch: Siembra de semillas a chorro con separación de 0,20 m entre hileras; V: siembra la voleo sobre la parcela)

nativo. Se usaron semillas locales y tratamientos pregerminativos sencillos, a fin de hacer viable la adopción de estas prácticas alternativas, por los agricultores del área.

2.3 Incorporación del material al terreno y toma de muestras de suelos

Previo al cultivo de las leguminosas en las parcelas de ensayo, se tomaron muestras de suelo a 20 cm de profundidad para cada parcela cuya área fue de 1 m². Se colectaron cinco (5) sub muestras con pesos aproximados de 300 g cada una y se produjo una muestra compuesta de 1 a 1,5 kg, aproximadamente. Se obtuvieron un total de 16 muestras compuestas y se llevaron al laboratorio para evaluar el estado inicial del suelo. Los parámetros medidos fueron: pH en agua y nutrientes disponibles: carbono total (C, %), nitrógeno total (N, %), relación carbono-nitrógeno (C/N), potasio (K, ppm), fósforo (P, ppm), calcio (Ca, ppm), magnesio (Mg, ppm). Cuando las plantas alcanzaron la floración se realizó la cosecha del material, se picó e incorporó al suelo. Después de la incorporación de la fitomasa, compuesta por: hojas, tallos, ramas, estructuras reproductivas, raíces y raicillas, inclusive estructuras muertas tanto en pie como en el suelo, se realizaron tomas sucesivas de muestras de suelos en cada parcela cada 15 días, mientras existiese huella del material en descomposición; resultando así, tres muestreos sucesivos en el tiempo para las parcelas bajo *P. sativum* (planta de descomposición más rápida por su succulencia) y cuatro para las parcelas bajo *L. meridanus*, ya que esta es leñosa.

2.4 Metodología para el índice de calidad de suelo (ICS)

El objetivo central de un análisis de factores multivariado es explicar la variación de un conjunto de datos multivariantes a través de la extracción o creación de unos pocos factores o variables latentes; los valores de las nuevas variables latentes son definidos como scores (Reimann *et al.*, 2002). Los tratamientos se compararon en función de un "índice de calidad de Suelos" para la última fecha de medición. La propuesta de índices varía según la percepción que tienen diferentes autores en la identificación de atributos de suelos relevantes. Para la determinación del ICS, se aplicó un análisis

de factores, el cual es un método multivariado que consiste en agrupar variables que tengan correlación con cada uno de los factores estimados (Everitt, 2004). Este análisis de factores permitió resumir la variabilidad total de los atributos químicos de suelo evaluados en nuevas variables o factores que denominamos factores de suelo. El índice de calidad de Suelos se calculó de la siguiente manera (Ecuación 1):

$$\text{ICS} = \text{Rango} (w_1 * F_1 + w_2 * F_2 + w_3 * F_3 + \dots + w_p * F_p) / n \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

w es el peso o ponderación que posee cada factor de suelo, las sumas de estas ponderaciones debe ser igual a uno. Por otro lado, luego de realizar la suma de estas multiplicaciones, se procede a ordenar los valores obtenidos y se le asignó un orden desde 1 hasta n (rankear) y a cada valor ordenado se divide entre n (número total de datos); los valores del ICS podrían estar comprendidos entre 0 y 1, mientras más cercano a 1 serían mejor y esos suelos tendrían una calidad potencial superior (respecto a la fertilidad química).

2.5 Análisis estadístico

Para la evaluación de los datos obtenidos en campo, y posterior análisis, se usó el siguiente modelo estadístico (Ecuación 2):

$$Y_{ijkl} = \mu + \lambda_k + TC_i + MS_j + D_l + TC * MS_{ij} + TC * D_{il} + MS * D_{jl} + TC * MS * D_{ijl} + \varepsilon_{ijkl} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable respuesta tomada de la leguminosa i bajo el método de siembra j del bloque k , en l días

λ_k = efecto de k -ésimo bloque

TC_i = efecto de la i -ésima especie

MS_j = efecto de j -ésimo método de siembra

D_l = efecto de los días

$(TC * MS)_{ij}$ = interacción de los factores tipo de cobertura y método de siembra

$(TC * D)_{il}$ = interacción de los factores tipo de cobertura y días

$(MS * D)_{jl}$ = interacción del método de siembra con días

$(TC * MS * D)_{ijl}$ = interacción del tipo de cobertura con método de siembra y días

ε_{ijkl} = error experimental.

Los análisis y pruebas estadísticas fueron realizadas al 5 % de significancia usando el software libre R (R Development Core Team, 2009).

3. Resultados y discusión

3.1 Condiciones iniciales del suelo

Los atributos de suelos determinados en las parcelas antes de la siembra de las leguminosas muestran similitud entre ambas especies (Cuadro 1). Estos suelos a la profundidad de 20 cm, son moderadamente ácidos y con altos contenidos de Ca. Es una práctica agrícola común en el Páramo Merideño el uso de la cal agrícola para disminuir la acidez en estos suelos. Así mismo, posee valores relativamente bajos de C y N. Estos valores servirán de punto de partida en el análisis. Previo al establecimiento del ensayo, el área estaba en barbecho después de haber sido usada para el cultivo de papa.

Cuadro 1. Estado nutricional de los suelos (0 – 20 cm) en parcelas previo a la siembra de las especies *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum*, microcuenca Misintá, estado Mérida.

Atributos de suelos	<i>Lupinus meridanus</i>	<i>Pisum sativum</i>
	Media (e.e*)	Media (e.e)
C (%)	1,70 (0,06)	1,58 (0,09)
N (%)	0,19 (0,03)	0,15 (0,03)
C/N	9,33 (1,42)	12,0 (1,29)
P (ppm)	46,4 (5,23)	42,9 (4,11)
pH	5,92 (0,07)	5,72 (0,10)
Ca (ppm)	749,4 (184,2)	549,7 (221,7)
K (ppm)	113,3 (22,1)	106,4 (40,0)
Mg (ppm)	142,7 (40,5)	177,3 (58,1)

(*) Error estándar

3.2 Determinación de factores latentes relacionados a la fertilidad del suelo y el índice de calidad del suelo (ICS)

En nuestro estudio, un modelo de cuatro factores fue capaz de sintetizar la variabilidad total de los atributos de suelos en un 73 % (Cuadro 2). Basado sobre las correlaciones entre cada una de los atributos de suelos y los cuatro nuevos factores o variables latentes creadas se pudo lograr dar una

Cuadro 2. Correlaciones entre atributos del suelo con los factores estimados a partir del análisis multivariable de atributos químicos del suelo.

Atributos del suelo	Factor 1*: "Bases cambiables"	Factor 2: "Nitrógeno disponible"	Factor 3: "Materia orgánica"	Factor 4: "Magnesio"
C	-0,20	-	0,97	-
C/N	-0,11	-0,80	0,57	-
Ca	0,67	-	-0,17	0,31
K	0,99	-	-	-
Mg	-	-	-	0,86
N	0,10	0,81	-0,12	-
P	0,63	-	0,19	-
pH	0,38	0,35	0,17	0,32

(*) El modelo de 4 factores explica el 73 % de la variación total de los atributos químicos de suelos.

interpretación de cada uno de los factores creados. El factor 1 está muy asociado con los atributos de suelos K, Ca y P (todos por encima de 0,6); así, a este factor se le denominó el "factor de bases cambiables". Por tanto, valores altos de este factor implican valores altos en K, Ca y P en esos suelos; suelos bajo estas condiciones estarán relacionados a la disponibilidad de nutrientes para los cultivos.

Por otro lado, el factor 2 está altamente asociado al N (positivamente) y a la relación C/N (negativamente), por lo que se le definió como "el factor de Nitrógeno disponible". Suelos con altos valores de este factor tendrán alto contenido de N y baja relación C/N. Así, este factor de suelo creado resume la influencia de la concentración de N y la relación C/N sobre la riqueza nutricional del suelo y el favorecimiento de la actividad microbiana. Los factores 3 y 4 fueron asociados con el C y el Mg, respectivamente. De esta manera, la interpretación del factor 3 está estrechamente relacionada al contenido de materia orgánica (por ejemplo, altos contenidos de C y alta relación C/N) y el factor 4 al Mg en el suelo. Para el cálculo del índice de calidad de suelo y análisis de la varianza fueron utilizados los valores originales de Mg.

El índice de calidad de suelos (ICS) fue construido con los cuatro factores creados. Para ello, se le asignó la misma ponderación o importancia a cada uno de los factores latentes. La ecuación para el cálculo del ICS quedó de la siguiente manera:

$$\text{ICS} = \text{Rango} (0,25 * F_1 + 0,25 * F_2 + 0,25 * F_3 + 0,25 * F_4) / n \quad (\text{Ec.3})$$

Se reitera que los valores obtenidos están comprendidos entre 0 y 1, donde aquellos suelos con valores cercanos a 1 se consideraron con calidad de suelo alto.

3.3 Efectos de *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum* sobre la fertilidad del suelo

En referencia al factor de suelo “bases cambiables”, se detectó diferencias significativas en los scores o valores de este factor entre especies (Cuadro 3; $p < 0,001$). Se observaron cambios diferentes y significativos entre especies a lo largo del período de estudio (Cuadro 3; $p = 0,009$); indicando altos valores del factor bases cambiables (K y Ca) a los 30 días luego de incorporada la fitomasa de *L. meridanus* al suelo, más del doble respecto a suelos con fitomasa de *P. sativum*; independiente del método de siembra (Figura 2). Por otro lado, el factor Nitrógeno disponible varió significativamente entre especies (cuadro 3; $p = 0,003$) siendo relativamente superior en *L. meridanus*. Sin embargo, la tendencia a lo largo del período de observación no siguió un patrón definido. Pero es posible notar al final del período de observación valores altos de este factor bajo el método de siembra al voleo (Figura 3), implicando mayor disponibilidad de N y bajas relaciones de C/N bajo ambas especies. Este fue evidenciado que la incorporación de *P. sativum* incrementó el

factor de “materia orgánica” a lo largo del período de observación, implicando mayor contenido de C y posiblemente mayor relación C/N que en suelos bajo la especie *L. meridanus*, indiferentemente del método de siembra aplicado (Figura 4). El análisis de la varianza para el atributo Mg no mostró diferencias significativas entre especies, ni a lo largo de los días de observación. Esto aparentemente supone que ambas especies no tienen efectos evidentes sobre el suelo respecto al Mg, al menos para este período de observación. En todo caso los valores de este elemento oscilaron entre 200 y 453,3 ppm para ambas especies y método de siembra.

De acuerdo a Sarmiento y Monasterio (1993), la cantidad de nutrientes que aportaría el abono verde en períodos de sucesión o barbecho en suelos del páramo podrían suplir las necesidades nutricionales de los cultivos tradicionales; serían suficientes los aportes en Mg, Ca y P, así como, en más de la mitad del N y K. En este estudio, se demuestra que ambas especies enriquecieron el suelo una vez que estas fueron incorporadas a él. Considerando los 30 días después de la incorporación, cada especie tuvo relativo éxito en mejorar el estatus nutricional; por ejemplo, el aporte de la fitomasa de *L. meridanus* fue capaz de incrementar considerablemente las bases cambiables (Cuadro 4). El Ca en parcelas con *L. meridanus* alcanzó niveles de 2798,3 y 4503,3 ppm bajo el método de siembra a chorro corrido y al voleo, respectivamente. Las concentraciones de K se incrementaron 7 veces respecto a la concentración inicial y los valores de

Cuadro 3. Análisis de la Varianza para los factores o variables latentes (“bases cambiables”, “Nitrógeno disponible”, “Materia orgánica” y Magnesio”) y el índice de calidad de suelos (ICS) bajo parcelas sembradas con las especies *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum*, microcuencia Misintá, estado Mérida.

Fuentes de variación	Bases		N disponible		M.O		Mg		ICS	
	Fc	P>F	Fc	P>F	Fc	P>F	Fc	P>F	Fc	P>F
Bloque	3,83	0,054	1,86	0,176	2,95	0,090	6,413	0,014	17,5	< 0,001
Días (A)	62,03	< 0,001	4,48	0,037	6,00	0,016	2,663	0,107	41,5	< 0,001
M. Siembra (B)	1,84	0,179	2,49	0,118	< 1,00	0,616	< 1,00	0,542	0,365	< 1,00
Especie (C)	12,36	< 0,001	9,36	0,003	61,26	< 0,001	< 1,00	0,805	5,70	0,019
A * B	< 1,00	0,337	< 1,00	0,766	< 1,00	0,849	< 1,00	0,998	< 1,00	0,775
A * C	7,27	0,009	< 1,00	0,665	34,6	< 0,001	< 1,00	0,682	< 1,00	0,628
B * C	< 1,00	0,472	1,00	0,319	< 1,00	0,420	< 1,00	0,987	< 1,00	0,466
A * B * C	< 1,00	0,412	1,41	0,238	< 1,00	0,371	< 1,00	0,654	2,65	0,107

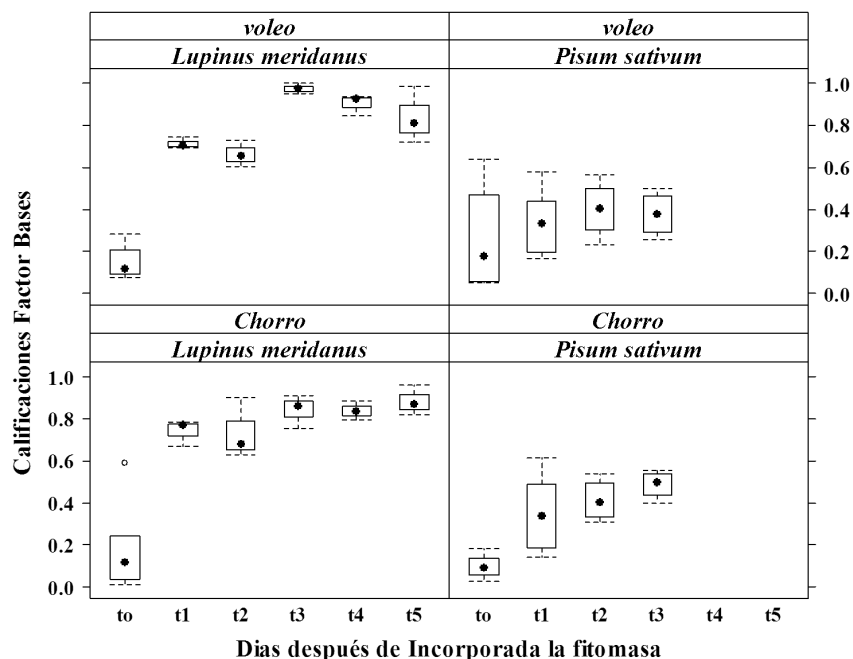


Figura 2. Tendencia temporal del efecto de *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum* sembradas al voleo y chorro corrido sobre el factor latente “bases cambiables” microcuencia Misintá, estado Mérida.

Cuadro 4. Estado nutricional de los suelos (0 – 20 cm) en parcelas con incorporación de las especies *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum*, a los 30 días de incorporadas al suelo como abono verde, microcuencia Misintá, estado Mérida.

Atributos de suelos	Al Voleo		A Chorro	
	<i>Lupinus meridanus</i>	<i>Pisum sativum</i>	<i>Lupinus meridanus</i>	<i>Pisum sativum</i>
	Media (e.e)*	Media (e.e)	Media (e.e)	Media (e.e)
C (%)	1,67 (0,06)	2,41 (0,09)	1,41 (0,04)	2,47 (0,12)
N (%)	0,15 (0,03)	0,16 (0,03)	0,15 (0,02)	0,15 (0,03)
C/N	11,7 (1,42)	15,5 (1,29)	9,33 (1,23)	16,8 (1,45)
P (ppm)	7,70 (1,23)	40,5 (4,11)	8,33 (1,11)	38,0 (3,78)
pH	6,30 (0,07)	5,90 (0,10)	6,40 (0,08)	5,90 (0,09)

(*) Error estándar

Mg en aproximadamente 2 veces más. También, la condición de acidez se vio mejorada en estos suelos de acuerdo al incremento de los valores de pH. Por otro lado, aun cuando los niveles de N permanecieron invariables al final del período de estudio respecto al momento de la incorporación, los suelos con *P. sativum* como abono verde mejoraron notablemente la concentración de C; alcanzando niveles desde 1,58 % hasta 2,41 y 2,47 % sembrados al voleo y a chorro corrido, respectivamente (Cuadro 4); lo cual mejora sustancialmente la posibilidad de incrementar la materia orgánica y la actividad microbiana del suelo.

Respecto al índice de calidad de suelo (ICS), se detectó diferencias significativas entre especies (cuadro 3; p = 0,019). En la figura 5 se muestra que éste índice alcanza valores cercanos a 1 en suelos bajo *P. sativum* entre los 15 y 30 días después de incorporado al suelo; independientemente bajo ambos métodos de siembra. Mientras que en suelos bajo *L. meridanus*, en general, el ICS no supera el valor de 0,6. Este resultado puede ser el reflejo del diferencial en el aporte de los tipos de nutrientes entre especies y la ponderación equitativa asignada a cada factor de suelo creado con el análisis multivariado de factores. *P. sativum* mejo-

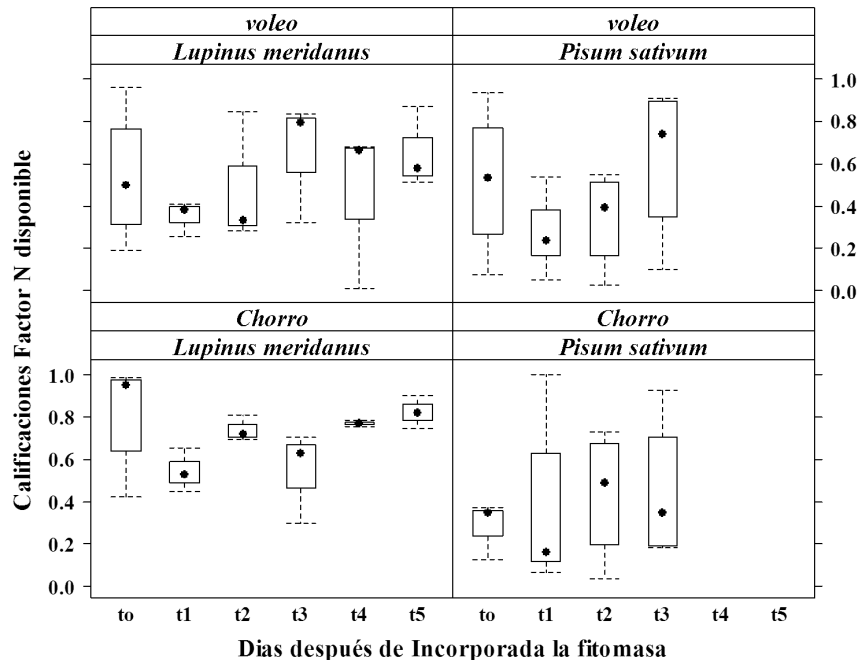


Figura 3. Tendencia temporal del efecto de *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum* sembradas al voleo y chorro corrido sobre el factor latente "N disponible" microcuenca Misintá, estado Mérida.

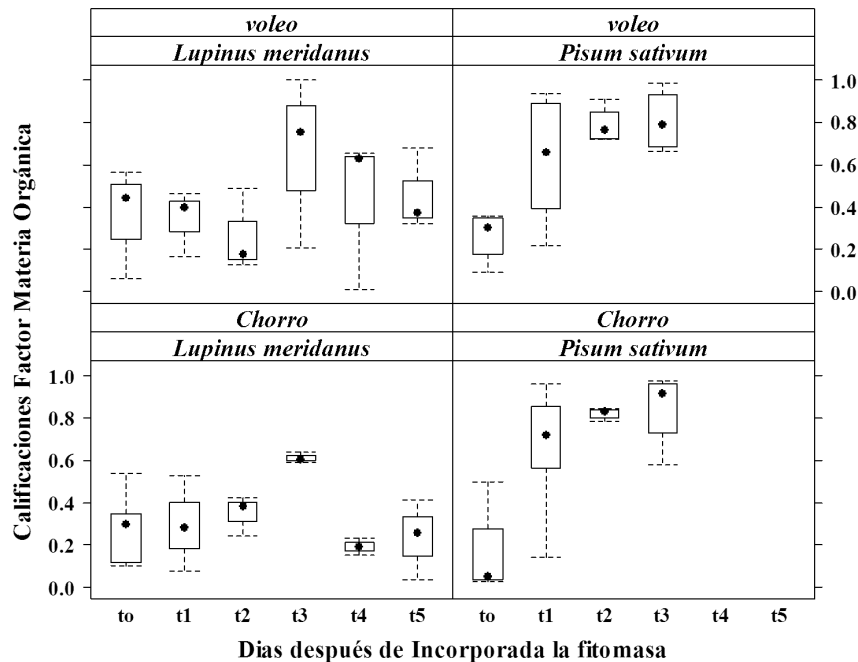


Figura 4. Tendencia temporal del efecto de *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum* sembradas al voleo y chorro corrido sobre el factor latente "Materia orgánica", microcuenca Misintá, estado Mérida.

ró la concentración de C y *L. meridanus* las bases cambiables (por ejemplo, K y Ca). Estos resultados sugieren que el uso de ambas especies podría mejorar tanto el aporte de materia orgánica como de las bases cambiables. La presencia de residuos vegetales de ambas especies leguminosas incorpora-

das al suelo, además de su rol como abonos verde, podrían mejorar el desempeño de los agroecosistemas, como por ejemplo, el mantenimiento de la porosidad y la humedad del suelo, aumento de las tasas de infiltración y el control de la erosión.

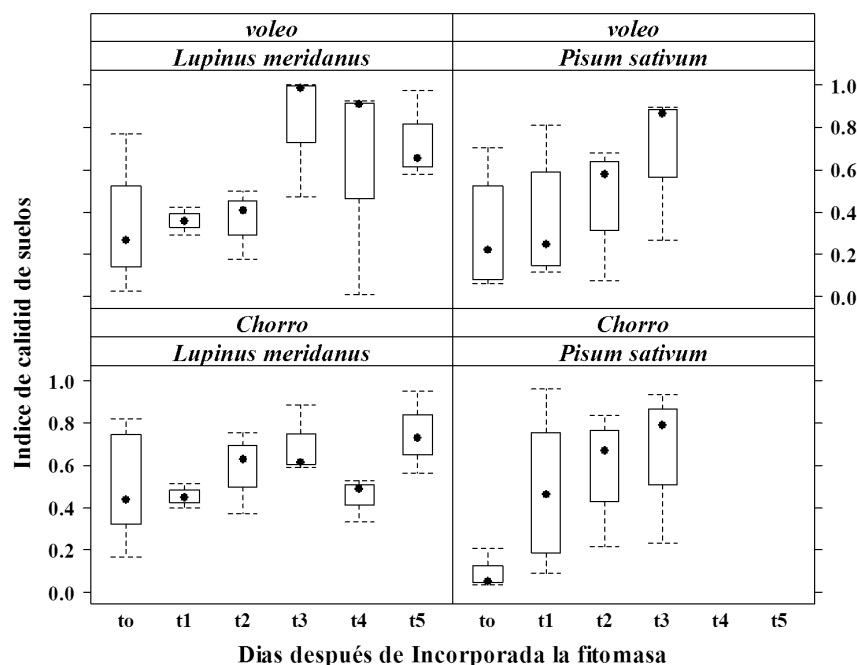


Figura 5. Tendencia temporal del efecto de *Lupinus meridanus* y *Pisum sativum* sembradas al voleo y chorro corrido sobre el Índice de calidad de suelos (ICS), microcuenca Misintá, estado Mérida.

4. Conclusiones y recomendaciones

Se observa en el *L. meridanus* como cultivo para abono verde, independientemente del tipo de siembra, tiene un mejor comportamiento en el aporte de bases cambiables al suelo en comparación al *P. Sativum* (arveja común), trayendo como consecuencia el mejoramiento del pH del suelo. De igual manera los resultados muestran que tanto el método de siembra, como la especie leguminosa afectaron el contenido de materia orgánica, siendo relativamente mayor en *P. sativum* que en *L. meridanus*. Ninguna de las especies de leguminosas evaluadas en este ensayo, produjo cambios estadísticamente significativos para el contenido de magnesio a lo largo del tiempo. El *L. meridanus* mostró un menor índice de calidad de suelo, en comparación con la *P. sativum* para el período de observación. En general, se concluye que el *L. meridanus*, y el *P. sativum* para las áreas alrededor de la población de Mucuchíes, podrían significar una alternativa importante para la recuperación progresiva de la fertilidad del suelo y en consecuencia de la disminución del uso de abonos químicos como medio para la fertilización permitiendo mejorar sustentablemente la productividad de los rubros agrícolas que se producen en la zona. Sin embargo es recomendable

seguir trabajando en esta línea de investigación a fin de identificar otras especies con potencialidad como abonos verdes, afinar el manejo y los periodos con el establecimiento de los cultivos comerciales y finalmente involucrar a los agricultores en el proceso a fin de motivarlos para su aceptación.

5. Agradecimientos

Al Concejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de los Andes (CDCHT) por el financiamiento de la investigación. Proyecto FO-601-05-01-b.

6. Referencias bibliográficas

- ABADÍN, J., S. J. GONZÁLEZ-PRIETO, L. SARMIENTO, M. C. VILLAR y T. CARBALLAS. 2002. Successional dynamics of soil characteristics in a long fallow agricultural system of the high tropical Andes. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1739-1748.
- BOURION, V., G. LAGUERRE, G. DEPRET, A.S. VOISIN, C. SALON y G. DUC. 2007. Genetic Variability in Nodulation and Root Growth Affects Nitrogen Fixation and Accumulation in Pea. *Annals of Botany* 100: 589-598.

- BRICEÑO, B. y G. MORILLO. 2002. Catálogo abreviado de las plantas con flores de los páramos de Venezuela. Parte I. Dicotiledóneas (Magnoliopsida). *Acta Bot. Venez.* 25: 1-46.
- CIDICCO. 1992. *La utilización de leguminosas en sistemas agrícolas tradicionales de regiones de alturas*. Noticias sobre cultivos de cobertura No 6. Centro Internacional de Información Sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO). Tegucigalpa, Honduras. 253 p.
- DRIVER, F. y O. SULLIVAN, 1992. Extraído de ¿Qué son Abonos verdes y Cultivos de Cobertura?. En línea: http://www.cidicco.hn/especies_av_cc.htm. [Consultado: 15/11/2010].
- EVERITT, B. 2004. *An R and S-Plus Companion to Multivariate Analysis*. Springer-Verlag, USA. 185 p.
- GARCÍA, M. 2008. Cambios de la fertilidad del suelo y productividad en un sistema agroforestal barbecho mejorado con guamo, comunidad “Raudalito Picure” Reserva Forestal Sipapo, estado Amazonas, Venezuela. Trabajo especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 123 p.
- HUEJE, A. 1992. Cambios de uso de la tierra y prácticas de conservación en microcuencas aledañas a Mucuchíes. Mérida, Venezuela. 94 p.
- PEÑA, R. y O. DUERTO. 1987. Evaluación de la funcionalidad de las obras conservacionistas, el caso de la “Misinta” Mucuchíes, Estado Mérida. Trabajo especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 201 p.
- POMÁRICO, J. L. 2007. Diagnóstico socio económico de la microcuenca Misintá, cuenca alta del río Chama, Estado Mérida. Trabajo especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 183 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. En línea: <http://www.R-project.org> [Consultado: 10/12/2010].
- REIMANN, C., P. FILZMOSER y R.G. GARRETT. 2002. Factor analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities. *Applied Geochemistry* 17:185-206
- RESTREPO, J. 1992. La búsqueda de sistemas alternativos. Agroecología en Paraguay. Manejo de suelos, protección de cultivos y sistemas productivos campesinos. Curso taller en Colonia Pirapey. Ediciones CECTEC. Asunción, Paraguay. 79 p.
- SARMIENTO, L. y P. BOTTNER. 2002. Carbon and nitrogen dynamics in two soils with different fallow times in the high tropical Andes: indications for fertility restoration. *Applied Soil Ecology* 19: 79–89.
- SARMIENTO, L., L.D. LLAMBI, A. ESCALONA y N. MARQUEZ. 2003. Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession in the high tropical Andes. *Plant Ecology* 166: 63–74.
- SARMIENTO, L. y M. MONASTERIO. 1993. Elementos para la interpretación ecológica de un sistema agrícola campesino de los Andes venezolanos (páramo de Gavidia). In: *El uso tradicional de los recursos naturales en montañas: tradición y transformación*. M. Rabey (ed.). Unesco-Orcyt. Montevideo, Uruguay 55- 77 pp.
- VIELMA, M. 1999. Caracterización de cepas autóctonas de *Bradyrhizobium sp* aisladas de *Lupinus spp*. *Revista de la Facultad de Agronomía* 16: 495-508.
- YÉPEZ, M. y A. BRICEÑO. 1986. Evaluación de la funcionalidad de las obras conservacionistas, el caso de “El Misteque”, Mucuchíes, estado Mérida. Trabajo especial de grado. Escuela de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 172 p.