

## Evaluación de algunas propiedades químicas del suelo en un arreglo agroforestal *Morella pubescens* H.B.K y *Lupinus mutabilis* L. Pasto, Nariño<sup>1</sup>

### Evaluation of some soil chemical properties in a settlement agroforestal *Morella pubescens* H.B.K And *Lupinus mutabilis* L. Pasto, Nariño

José Luis Cabrera C.<sup>2</sup> ; Hernán Efraín Muñoz A.<sup>2</sup> y Jorge Alberto Vélez L.<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño; <sup>3</sup> I. AF., M.Sc. Docente tiempo completo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Universidad de Nariño. [jvelezlozano@gmail.com](mailto:jvelezlozano@gmail.com).

#### Resumen

El estudio se realizó en la granja experimental Botana, municipio de Pasto, con el fin de determinar algunas propiedades químicas del suelo en el arreglo agroforestal laurel *Morella pubescens* H.B.K y chocho *Lupinus mutabilis* L; bajo un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo factorial 3\*3, donde el factor A corresponde a sistemas de siembra laurel-chocho (sistema 1, laurel; sistema 2, laurel-chocho a 0,15\*0,20m; y sistema 3, laurel-chocho a 0,30\*0,60m) y el factor B, distancias (0, 1, 2m con respecto al árbol de laurel), para un total de 9 tratamientos con 27 unidades experimentales. Se realizaron muestreos de suelo antes del establecimiento, ocho días luego de la incorporación de *L. mutabilis*, y 60 días después. Se realizó análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey. Los resultados indican que hubo incremento en el tiempo en los contenidos de calcio, fósforo, nitrógeno, magnesio y materia orgánica en el sistema 2; no obstante, hierro, manganeso, zinc y cobre se redujeron para el tiempo de muestreo 3.

**Palabras Claves:** Fósforo, sistemas de siembra, distancias.

#### Abstract

The study was conducted at the experimental farm Botana, municipality of Pasto, in order to determine some chemical soil properties in agroforestry arrangement laurel *Morella pubescens* HBK and lupine *Lupinus mutabilis* L; under a block design in a randomized complete factorial 3 \* 3, where the factor a is planting systems laurel-lupine (system 1, laurel, system 2, laurel-lupine to 0.15 \* 0.20 m, & 3, laurel-lupine to 0.30 \* 0.60m) and factor B, distances (0, 1, 2m regarding laurel tree) for a total of 9 treatments with 27 experimental units. Soil sampling was conducted before the establishment, eight days after the incorporation of *L. mutabilis*, and 60 days later. We performed analysis of variance and Tukey comparisons. The results indicate that there was increased time in the contents of calcium, phosphorus, nitrogen, magnesium and organic matter in system 2, however, iron, manganese, zinc and copper were reduced to epoch 3.

**Keywords:** Available phosphorus, planting systems, distances.

<sup>1</sup> Artículo científico presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agroforestal de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

## Introducción

En el departamento de Nariño, las áreas dedicadas a la producción agropecuaria se encuentran en un proceso de degradación debido al manejo de los sistemas de producción convencional, lo que se traduce en una pérdida progresiva del recurso suelo, y una reducción considerable en su capacidad productiva, reflejada en menores rendimientos y mayores problemas ambientales (CORPONARIÑO, 2006). Así mismo, la disminución del componente arbóreo, ha traído como consecuencia una reducción en el reciclaje de nutrientes que conllevan a condiciones ambientales adversas para la fertilidad del suelo. La pérdida de elementos del suelo es uno de los aspectos que ha llevado a la aplicación de altas concentraciones de agroquímicos generando problemas ambientales (Altieri, 1999).

Aunado a lo anterior los suelos del departamento de Nariño derivados de cenizas volcánicas (andisoles) dominados por alófana e imogolita (minerales amorfos de rango corto) que provienen de la meteorización de materiales piroclásticos tienen una gran capacidad de fijación de fósforo (Espinosa, 1998). Los mecanismos de fijación de este elemento incluyen procesos como quimiadsorción, desplazamiento del silicio estructural y precipitación (Espinosa, 2004).

Para reducir la pérdida de fertilidad la FAO (2003), plantea la necesidad de incorporar residuos orgánicos, que brindan beneficios químicos, relacionados con el incremento de la materia orgánica y la capacidad para intercambiar nutrientes.

Según las especies, los residuos de los cultivos, por procesos de mineralización brindan una cantidad importante de nutrientes para las plantas; además, algunas especies tienen la capacidad de fijar cantidades considerables de nitrógeno, como el caso de las leguminosas, y solubilizar fósforo fijado en el suelo, en muchos casos debido a la asociación simbiótica con hongos micorrizógenos (Cui y Caldwell, 1996).

La implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) se constituye en una alternativa innovadora para mejorar las condiciones de fertilidad del suelo, por cuanto mejoran la disponibilidad de algunos nutrientes en el mismo (Montagnini, 1992). El uso de especies leguminosas en SAF está ampliamente extendido, en especial teniendo en cuenta la necesidad actual de mantener una cubierta vegetal en el suelo, no solo con el fin de proporcionar ciertos elementos o incrementar su disponibilidad, sino que también se mejora algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo y se previene la erosión provocada por la escorrentía. Es por esto, que la utilización de especies como el laurel de cera *Morella pubescens* y chocho *Lupinus mutabilis* son de gran importancia, ya que esta asociación puede contribuir a la fijación de nitrógeno (Young, 1989) y permitir la movilización del fósforo (Rodríguez y Fraga, 1999).

Arteaga y Navia (2009), encontraron que en sistemas agroforestales con barreras de acacia *Acacia decurrens* y aliso *Alnus acuminata* mejoraron las condiciones del suelo al incrementar los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbono orgánico frente a los sistemas de pastoreo tradicionales; esto debido a que las especies fijadoras de nitrógeno en los sistemas de producción mejoran significativamente las condiciones químicas del suelo, constituyéndose esta en una alternativa para suelos deficientes en nutrientes.

Rodas, *et al* (2001), encontraron que la asociación de *Lupinus* con *Zea maíz* mejoran la eficiencia de roca fosfórica en cuanto a la fertilización del este cultivo, pero no se observaron diferencias cuando se utilizó como fuente de fertilización súper fosfato triple, donde el monocultivo de maíz y su asociación mostraron rendimientos similares.

A su vez Peña, *et al* (2002), encontraron que la asociación de *Lupinus mutabilis* con frambuesa *Rubus idaeus* L incrementan la concentración de fósforo en el follaje de la frambuesa.

De acuerdo a lo anterior la investigación se realizó con el objetivo de evaluar algunas propiedades químicas del suelo en un arreglo agroforestal laurel de cera *Morella pubescens* y Chocho *Lupinus mutabilis* en la granja experimental Botana, municipio de Pasto, para lo cual se determinaron los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y elementos menores.

#### Metodología

El trabajo se realizó en la granja experimental de la Universidad de Nariño, ubicada en la vereda Botana, municipio de Pasto localizada al occidente del meridiano de Greenwich a 77° 18' 58" longitud oeste y 1° 10' 11,4" latitud Norte, a una altura de 2820 m.s.n.m, temperatura promedio de 12° C, precipitación que va de los 800 a 1000 mm/año, humedad relativa 70 a 80% con 900 horas sol promedio año (IDEAM, 2000). Según Holdridge (1990), pertenece a la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh – MB).

Geológicamente los suelos de la altiplanicie de Nariño, presentan un modelado volcánico y pertenece a suelos de clima frío con relieve montañoso, con formas de relieve variados: ligeramente planos, ligeramente ondulados, moderadamente ondulados, moderadamente quebrados, fuertemente quebrados, moderadamente escarpados y fuertemente escarpados, en altitudes comprendidas entre 2000 y 3000 msnm, con temperaturas de 12 a 18 °C y precipitaciones de 1000 a 4000 mm anuales (IGAC, 2004). Los suelos se han formado a

partir de depósitos de ceniza volcánica que cubren el material geológico de tobas de ceniza, lapillo, aglomerados y andesitas.

El terreno en el cual se instaló el arreglo agroforestal Laurel de cera *Morella pubescens* H.B.K chocho *Lupinus mutabilis* L, presenta una topografía ondulada; consta de un área aproximada de 2350m<sup>2</sup>. Se establecieron 3 bloques cada uno con un área de 64m<sup>2</sup> y divididos en 3 parcelas, en cuyo espacio se sembraron 9 árboles de *M. pubescens*, a una distancia de 4m x 4m; mientras, *L. mutabilis* se estableció en dos de las tres parcelas, en cada una de las cuales se encontraba a diferentes distancias de siembra, a 0,15m x 0,20m y a 0,30m x 0,60m.

**Material vegetal.** Se usó Laurel de cera *Morella pubescens* 145 árboles con una altura promedio inicial de 33 cm, los cuales se sembraron 3 meses antes de la incorporación de *L. mutabilis* y Chocho *Lupinus mutabilis* 5 kg de semilla certificada.

#### Diseño experimental

El diseño que se estableció corresponde a bloques completos al azar en un arreglo factorial 3\*3, donde el factor A corresponde a sistemas de asocio laurel-chocho (sistema 1 laurel solo, sistema 2 laurel-chocho a 0,15\*0,20m y sistema 3 laurel-chocho a 0,20\*0,60m), el factor B corresponde a distancias en la toma de muestras de suelo con respecto al árbol de laurel (distancia 1, 0m, distancia 2, 1m y distancia 3 a 2m con respecto al árbol), con 9 tratamientos (Tabla 1) y tres repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo realizado en la granja experimental Botana, municipio de Pasto

Tratamiento	Descripción
T1	Laurel de cera ( <i>Morella pubescens</i> H.B.K) solo, a una distancia de 4 m*4m. Toma de la muestra de suelo a 0m del árbol.
T2	Laurel de cera ( <i>Morella pubescens</i> H.B.K) solo, a una distancia de 4 m*4m. Toma de la muestra de suelo a 1m del árbol.

**T3** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) solo, a una distancia de 4 m\*4m. Toma de la muestra de suelo a 2m del árbol.

**T4** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) a una distancia de 4 m\*4m asociado con chocho (*Lupinus mutabilis* L) sembrado a una distancia de 0.30m entre planta y 0.60m entre surco. Toma de la muestra de suelo a 0m del árbol.

**T5** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) a una distancia de 4 m\*4m asociado con chocho (*Lupinus mutabilis* L) sembrado a una distancia de 0.30m entre planta y 0.60m entre surco. Toma de la muestra de suelo a 1m del árbol.

**T6** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) a una distancia de 4 m\*4m asociado con chocho (*Lupinus mutabilis* L) sembrado a una distancia de 0.30m entre planta y 0.60m entre surco. Toma de la muestra de suelo a 2m del árbol.

**T7** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) a una distancia de 4 m\*4m asociado con chocho (*Lupinus mutabilis* L) sembrado a 0.15m entre planta y a 0.20m entre surco. Toma de la muestra de suelo a 0m del árbol.

**T8** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) a una distancia de 4 m\*4m asociado con chocho (*Lupinus mutabilis* L) sembrado a 0.15m entre planta y a 0.20m entre surco. Toma de la muestra de suelo a 1m del árbol.

**T9** Laurel de cera (*Morella pubescens* H.B.K) a una distancia de 4 m\*4m asociado con chocho (*Lupinus mutabilis* L) sembrado a 0.15m entre planta y a 0.20m entre surco. Toma de la muestra de suelo a 2m del árbol.

Con el fin de observar los cambios de cada una de las variables evaluadas en el tiempo, se realizaron tres tomas de muestras de suelo; la primera antes de la siembra de *L. mutabilis*, la segunda ocho días después de haberse incorporado la especie promisoría

al suelo y la tercera a los 60 días después de su incorporación.

En la Tabla 2, se mencionan las metodologías utilizadas para la determinación cuantitativa de cada una de las variables.

**Tabla 2.** Metodologías utilizadas para la determinación del contenido de cada elemento en el suelo.

PARAMETRO	MÉTODO	TÉCNICA
pH, potenciómetro, relación suelo-agua 1:1	NTC 5264	Potenciométrica
Materia orgánica	Walkley-Blak (colorímetro) NTC 5403	Espectrofotométrica uv-vis
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica uv-vis

<b>Calcio de cambio</b>	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1N Ph7 NTC 5349	Espectrofotometría de absorción atómica
<b>Manganeso</b>	DTPA - NTC5526	Espectrofotometría
<b>Cobre</b>		
<b>Zinc</b>		
<b>Boro</b>	Agua caliente NTC 5402	Espectrofotometrica uv-vis
<b>Magnesio de cambio</b>	DTPA- NTC 5526	Espectrofotometría de absorción atómica
<b>Potasio de cambio</b>	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1N Ph7 NTC 5349	Espectrofotometría de absorción atómica
<b>Aluminio de cambio</b>	Extracción KCL 1N NTC 5263	Volumétrica
<b>Hierro</b>	DTPA - NTC5526	Espectrofotometría de absorción atómica
<b>Nitrógeno total</b>	Con base en la Materia Orgánica.	Cálculo
<b>Carbono orgánico.</b>	Walkley-Black (colorimétrico)	Espectrofotometrica uv-vis
<b>Azufre disponible</b>	(Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O) 0,008M NTC 5402	Espectrofotometría uv-vis

#### Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza y para las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas se utilizó la prueba de comparación de promedios de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Infostat Statistical Package (Di Rienzo *et al.* 2010).

#### Resultados y Discusión

##### Variación del contenido de fósforo en el suelo

En la Tabla 4, el análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para tiempos de muestreo y para sistemas. No se encontraron diferencias para distancias ni para la interacción sistemas\*distancias. Las pruebas de comparaciones de medias de Tukey indicaron que el sistemas 2 fue donde se encontró mayor contenido de fósforo, con un valor de 17,75mg kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 4.** Comparación de medias de Tukey para tiempos de muestreo y sistemas de siembra, en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreo	Promedios (mg kg <sup>-1</sup> )
3	13,87a
1	12,06a
2	7,32b
Sistema	Promedios (mg kg <sup>-1</sup> )
2	17,75a
3	8,98b
1	6,52b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p< 0,05)

**Tabla 4.** Análisis de Varianza para cada una de las variables evaluadas en el suelo

Fuente de Variación	G.I	M. O	P. Dis	Ca Cam	Mg Cam	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N	S. Dis
<b>Modelo</b>	10	114,98 **	88,73**	8,71**	2,96**	4178,8**	81,08**	10,09**	9,07*	0,02**	0,04**	17,25 <sup>ns</sup>
<b>Bloque (T. M)</b>	2	530,67 **	102,97* *	20,69* *	12,5**	11938,1* *	153,61* *	43,51**	37,01**	0,1**	0,16**	38,75*
<b>Sistema</b>	2	28,96*	313,73* *	15,65* *	1,85**	5441,9**	243**	6,69**	8,12 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	20,8 <sup>ns</sup>
<b>Distancia</b>	2	5,6 <sup>ns</sup>	12,99 <sup>ns</sup>	2,42* *	0,24 <sup>ns</sup>	1083,7 <sup>ns</sup>	3,29 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	6 <sup>ns</sup>
<b>Sistema * Distancia</b>	4	4,84 <sup>ns</sup>	6,99 <sup>ns</sup>	2,39* *	0,11 <sup>ns</sup>	1215,1 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	0,0018 <sup>ns</sup>	10,34 <sup>ns</sup>
<b>Error</b>	16	7,03 <sup>ns</sup>		0,57 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	786,1 <sup>ns</sup>	21,09 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	2,67 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>	0,0038 <sup>ns</sup>	9,3 <sup>ns</sup>
<b>Total</b>	26											

\*\* Diferencia altamente significativa, \* Diferencia significativa, <sup>ns</sup> no significativo, T.M tiempo de muestreo.

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 4) indica, que los tiempos de muestreo 3 y 1, con promedios de 13,87 mg kg<sup>-1</sup> y 12,06 mg kg<sup>-1</sup> presentan diferencias altamente significativas frente al tiempo de muestreo 2, con un promedio de 7,32 mg kg<sup>-1</sup>. Este incremento puede explicarse debido a la capacidad de *L. mutabilis*, de liberar el fósforo fijado en el suelo y hacerlo aprovechable (Gross, 1982). El mismo autor, afirma que el *L. mutabilis* tiene la capacidad de solubilizar los nutrientes del suelo como el potasio y fósforo (Gross, 1992). Además, se reportan que *Lupinus albus*, *Lupinus cosentinii* y *Lupinus angustifolius*, tienen la capacidad de movilizar y solubilizar fósforo de fuentes normalmente no aprovechables para otros cultivos (Jungk *et al.*, 1993, Bolland, 1995) permitiendo autoabastecerse de este nutriente (Espinoza, 1997), y favorecer a la planta en asociación, particularmente durante la fase de floración (Yágodin, 1983).

Entre los mecanismos que estas especies utilizan para solubilizar y en la absorción de nutrientes se tienen la absorción selectiva de cationes básicos que baja el pH de la rizósfera, desorción de fósforo de óxido de aluminio y hierro por intercambio de aniones, secreción de ácido cítrico, iones citrato y otros compuestos carboxilados hasta en un 23% del peso seco de la planta (en comparación la alfalfa sólo secreta un 0,3% de su peso seco); fijación no fotosintética de carbono en las raíces y su exudación de citrato y malato, y secreción de fosfatasa ácida y iones H<sup>+</sup> (Gardner, 1983; Dinkelaker *et al.*, 1989, Ozawa *et al.*, 1995; Johnson *et al.*, 1996), permitiendo autoabastecerse de ciertos nutrientes, y hacerlo disponible a la planta en asociación (Espinoza, 1997).

En trabajos realizados por Braum y Helmeke (1995) se encontró que la especie *L. albus* uso fósforo del suelo de una fuente no disponible para otras plantas; de igual forma Jungk *et al.* (1995), al estudiar la movilización de diferentes fracciones de fosfatos en la rizósfera, encontraron que las plantas movilizan fósforo del suelo por desorción vía desviación de la solución de P concentrado alrededor de las raíces.

#### **Variación del contenido de materia orgánica en el suelo**

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para tiempos de muestreos y diferencias significativas para sistemas. No se encontraron diferencias para distancias ni para la interacción sistemas \* distancias (Tabla 4).

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 5), indica que el tiempo de muestreo 3, con un promedio de 10,27% presenta diferencias significativas frente a los tiempos de muestreo 1 y 2, con promedios de 8,68% y 8,54% respectivamente. Este comportamiento se debió a que en el sistema 2 la densidad de siembra de la especie promisorio fue mayor, por consiguiente el contenido de materia orgánica se incrementó, en comparación con los otros sistemas de siembra utilizados en este ensayo. Resultados similares en cuanto a materia orgánica fueron encontrados por López y Toro (2010), quienes afirman que el contenido de materia orgánica fue mayor en las parcelas donde se incorporaron abonos verdes. Así mismo Crespo, *et al* (1998), afirma que la presencia de árboles o arbustos en los sistemas productivos especialmente especies fijadoras de nitrógeno contribuyen con el aumento en el contenido de la materia orgánica en el suelo.

**Tabla 5.** Comparación de medias de Tukey para tiempo de muestreos de muestreo y sistemas de siembra en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreo	Promedios (%)
3	10,27a
1	8,68b
2	8,54b
Sistema	Promedios
2	10a
3	9,2ab
1	8,3b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

#### Variación del contenido de Calcio de cambio en el suelo

Los contenidos de calcio obtenidos en el análisis de varianza, muestran diferencias altamente significativas en muestreos y sistemas de siembra; además, se encontró diferencias significativas en distancias en la toma de muestras de suelo, y en la interacción sistemas de siembra\* distancias (Tabla 4).

La prueba de Tukey (Tabla 6) muestra que los mayores valores se dieron en el tiempo de muestreo 3, con un valor de 12,27 cmol/kg, mientras que en el muestreo inicial los contenidos solo alcanzaron un promedio de 9,24 cmol/kg; lo que indica un incremento de 3,03 cmol/kg.

**Tabla 6.** Comparación de medias de Tukey para tiempo de muestreos de muestreo, sistemas de siembra y distancias en la toma de muestras en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreos	Promedios (cmol/kg)
3	12,27a
2	10,69b
1	9,24c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

En la Tabla 7 se observa que fue el sistema 2 (*M. pubescens* asociado con *L. mutabilis* sembrado a una distancia de 0,15\*0,20m) y la distancia 1 (toma de la muestra de suelo a 0m del árbol de laurel), con un valor de 13,97 cmol/kg la mejor interacción, siendo estadísticamente diferente a las demás; mientras la interacción, sistema 1 (*M. pubescens* solo) por distancia 3 (toma de muestra de suelo a 2m del árbol de laurel), con una media de 9,61 cmol/kg fue la que

menor promedio presento. El incremento en el contenido de este elemento en la interacción sistema 2, distancia 1, posiblemente se deba a la mineralización de la materia orgánica, que conlleva a un aumento en los contenidos de calcio de cambio; Zamora (2006), confirma este fenómeno en estudios realizados con melón orgánico, donde los valores de este elemento fueron mayores en el cultivo orgánico, con un promedio de 0,93cmol/kg,



mientras en el cultivo convencional se halló un promedio de 0,43 cmol/kg.

**Tabla 7.** Comparación de medias de Tukey para la interacción sistemas\*distancias, en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Sistema*Distancia		
Sistema	Distancia	Promedios (cmol/kg)
2	1	13,97a
2	3	11,63b
2	2	11,08b
3	3	10,48b
3	1	10,19b
3	2	10,09b
1	1	9,79b
1	2	9,77b
1	3	9,61b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

#### Variación del contenido de Magnesio en el suelo

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para tiempo de muestreos de muestreo y para sistemas de

siembra. No se encontraron diferencias para distancias ni para la interacción sistemas \* distancias (Tabla 4).

**Tabla 8.** Comparación de medias de Tukey para tiempos de muestreo y sistemas de siembra en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreo	Promedios (cmol/kg)
3	4,79a
2	2,83b
1	2,67b
Sistema	Promedios (cmol/kg)
2	3,93a
1	3,31b
3	3,05b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La prueba de Tukey (Tabla 8) muestra que el mayor valor se dio en el tiempo de muestreo 3, con un promedio de 4,79 cmol/kg, con diferencias estadísticas con respecto a los tiempos de muestreo 2 y 1, con valores de 2,83 cmol/kg y 2,67 cmol/kg respectivamente. De igual forma fue el sistema 2, con un promedio de 3,93 cmol/kg

el que presentó diferencias altamente significativas frente a los sistemas 1 y 3 con promedios de 3,31 cmol/kg y 3,05 cmol/kg respectivamente. Los datos obtenidos fueron similares a los registrados por Zamora, D (1998), donde encontró mayores contenidos de este elemento en un cultivo de melón orgánico, con un promedio de

1,02 cmol/Kg; mientras que en el cultivo convencional hallo un promedio de 0,98 cmol/Kg.

#### Variación del contenido de nitrógeno en el suelo

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para tiempos de muestreo. No se encontraron diferencias para distancias ni para la interacción sistemas\*distancias.

En la Tabla 9, se evidencian diferencias estadísticas entre los tres muestreos realizados, siendo el tiempo de muestreo 3 el mejor, con un promedio de 0,55%, lo que indica un incremento del 23% con respecto al muestreo inicial. Este aumento puede explicarse gracias a la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de la especie promisoría *L. mutabilis*. La especie está asociada a la bacteria *Rhizobium lupini*,

cuya relación simbiótica puede dejar disponible compuestos nitrogenados en los suelos. (Castillo, 1989; Larson *et al.*, 1989; Unkovich *et al.*, 1997; Peoples *et al.*, 2001); además puede realizar simbiosis con otras bacterias del género *Bradyrhizobium sp* (Duthion; Pigeaire, 1993 y Ayisi *et al.*, 1992). Producto de la asociación simbiótica la planta de lupino fija cantidades considerables de nitrógeno, llegando a 67 - 78% del requerimiento de nitrógeno total, en plantas de lupino blanco inoculadas con *Bradyrhizobium sp*, siendo innecesaria la fertilización nitrogenada para un alto rendimiento (Larson *et al.*, 1989). La asociación lupino-rhizobium puede dejar disponible compuestos nitrogenados en los suelos mientras exista fijación simbiótica.

**Tabla 9.** Comparación de medias de Tukey para tiempos de muestreo en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreo	Promedios (%)
3	0,55a
1	0,32b
2	0,31b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

#### Variaciones de los contenidos de cobre, hierro y manganeso

En la Tabla 4 se evidencia que hubo diferencias altamente significativas en los tres elementos; tanto en los tiempos de muestreo, como también, en los sistemas de siembra; de igual forma en la Tabla 10 se puede observar que el muestreo 1 y sistema 2 son diferentes estadísticamente a los demás. Los datos presentados en esta tabla

muestran una reducción en el contenido de estos tres elementos en el suelo. Los resultados obtenidos indican que la especie promisoría en altas densidades de siembra no aumenta, ni reducen el contenido de hierro, manganeso y cobre; en cambio, en aquellas zonas donde no se estableció, o la densidad de este cultivo fue baja, los valores se redujeron.

**Tabla 10.** Comparación de medias de Tukey para tiempos de muestreo y sistemas de siembra en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreo	Promedios	Tiempos de muestreo	Promedios	Tiempos de muestreo	Promedios
Fe	Mn	Cu	Fe	Mn	Cu
1	243,97a	1	26,18a	1	6,58a

2	190,74b	2	19,39b	2	2,96b
3	174,29b	3	18,7b	3	2,62b
Sistema	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios
2	231,34a	2	27,11a	2	5,01a
1	190,37b	1	20,24b	3	3,82b
3	187,29b	3	16,92b	1	3,33b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

#### Variaciones en los contenidos de zinc, boro y azufre

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para tiempos de

muestreo. No se encontraron diferencias para distancias ni para la interacción sistemas\*distancias (Tabla 4).

**Tabla 11.** Comparación de medias de Tukey para tiempos de muestreo en el arreglo Agroforestal *M. pubescens* y *L. mutabilis* en la granja experimental Botana, 2013

Tiempos de muestreo	Promedios	Tiempos de muestreo	Promedios	Tiempos de muestreo	Promedios
Zn	B	S	Zn	B	S
1	5,18a	1	0,19a	2	7,58a
2	1,91b	3	0b	1	4,15ab
3	1,48b	2	0b	3	3,84b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Las diferencias estadísticas mostradas por estos elementos indican un comportamiento negativo en el sistema, debido a que los contenidos de estos elementos se reducen en el tiempo, cabe aclarar que esta reducción no se da en sistemas de siembra, ni tampoco en

distancias en la toma de muestras de suelo; por ende, no se puede atribuir esta reducción a la interacción suelo *L. mutabilis*, o a *M. pubescens*; aunque tampoco se debe descartar esta posibilidad (Tabla 11).

### CONCLUSIONES

El contenido de fósforo tuvo un incremento en el arreglo agroforestal, tanto para tiempos de muestreo, como en los sistemas de cultivo; siendo el sistema 2 (*M. pubescens* asociado con *L. mutabilis* sembrado a una distancia de 0,15\*0,20m) con un valor de 17,75 mg kg<sup>-1</sup> y el tiempo de muestreo 3 (muestreo de suelo realizado a los 60 días de la incorporación de *L. mutabilis*), con un promedio de 13,87 mg kg<sup>-1</sup> los mejores resultados.

Los contenidos de calcio, materia orgánica y magnesio se incrementaron en el sistema 2, con diferencias significativas con respecto a los demás sistemas; de igual forma, estos elementos junto con el nitrógeno aumentaron en el tiempo de muestreo 3. En cuanto a las distancias en la toma de muestras de suelo, solo se encontraron incrementos en calcio de cambio, siendo la mejor la distancia 1 (a 0m del árbol); así mismo, se encontró diferencias

significativas en la interacción sistema 2\* distancia 1.

Hierro, cobre y zinc mantuvieron contenidos similares en el sistema 2, con respecto a los contenidos mostrados en el

tiempo de muestreo 1; de igual forma, los elementos antes mencionados junto con manganeso y boro se redujeron para el tiempo de muestreo 3.

## Referencias bibliográficas

- Altieri, M. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. Pag 132.
- Arteaga, J, Navia, J. 2009. Evaluación de algunas variables químicas en diferentes sistemas de producción y tipos de uso en suelos del altiplano de Nariño, municipio de Pasto.
- Braum, S; Helmeke, P. 1995. White lupin utilizes soil phosphorous that is unavailable to soybean. *Plant and soil* 176:1, 95-100
- Castillo, D. 1989. Inoculantes e Inoculación. p 39-53 In: V Seminario de Leguminosas de Grano. Julio 1989, Temuco, Chile. Series Carillanca, INIA 10: 39-53.
- Crespo, G; Rodriguez, I; Sanche, R y Fraga, S. 1998. Influencia de *Albizia lebbek* y *Leucaena leucacephala* en indicadores de suelo, el pasto y los animals en sistemas silvopastoriles.
- Cui M. y Caldwell M.M. 1996. Facilitation of plant phosphate acquisition by arbuscular mycorrhizas from enriched soil patches. *New Phytologist* 133:453-460
- Dinkelaker, B., V; Romheld y H, Marschener. 1989. Citric acid excretion and precipitation of calcium citrate in the rhizosphere of white lupin *Lupinus albus* L. *Plant, Cell ad Environ.* 12: 285-292.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M y Robledo C. 2010. Infostat versión. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Espinosa, J. 2004. Suelos volcánicos, dinámica del fosforo y producción de papa. Memorias del XVI congreso latinoamericano de la Ciencia del Suelo. SCCS, Cartagena, Colombia.
- Espinosa, J. 1998. Fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánica y fertilización fosfórica del cultivo de la papa. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Santafé de Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos. p. 103-111.
- Espinoza, H. 1997. Nutritional ecology of legume species with particular reference to *Lupinus arboreus* and phosphorus. Tesis de Doctorado. Universidad de Oxford, Inglaterra. 235 pp
- FAO. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Disponible en: [http://www.fao.org/ag/ca/Training\\_Materials/CD27-Spanish/sf/soil\\_fertility.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/CD27-Spanish/sf/soil_fertility.pdf). Revisado: 12 Junio 2013.
- Gardner, W.K. 1983. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. *Plant soil* 70: 107-124; 391-402.
- Gross, R. 1992. El cultivo y la utilización del tarwi *Lupinus mutabilis* L. Estudio FAO: Producción y Producción vegetal 36, organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 236 pp
- Gross, R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi *Lupinus mutabilis* L. Roma, Italia, FAO. 209 p. (Estudio FAO: Producción y protección vegetal 36).
- Holdridge, L. R. 1990. Zonas de vida de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. p. 81.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Nariño. Pasto, 2004. p. 64
- Johnson, J.F; D.L, Allan; C.P, Vance y G, Weiblen. 1996. Root carbon dioxide fixation by phosphorus deficient *Lupinus albus*. Contribution to organic acid exudation by proteoid roots. *Plant Physiol.* 112: 19-30.

Jungk, A; Seeling, B; Gerke, J; Barrow, NJ. 1993. Mobilization of different phosphate fractions in the rhizosphere. *Plant and Soil* 155-156

Larson, K., Cassaman, K. and Phillips, D. 1989. Yield, dinitrogen fixation, and aboveground nitrogen balance of irrigated white lupin in a mediterranean climate. *Agronomy Journal* 81: 538-543.

López, M; Toro, M. 2010. Incrementos de materia orgánica en un suelo ácido bajo el sistema sorgo-frijol fertilizado con abonos orgánicos y roca fosfórica. Instituto nacional de investigaciones Agrícolas, Venezuela.

Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales principios y aplicaciones en los trópicos; San José de Costa Rica.

Ozawa, K., M. Osaka, H; Matsui, M; Honma y T, Tadano. 1995. Purification and properties of acid phosphatase secreted from lupin roots under phosphorus deficiency conditions. *Soil Sci. Plant Nutrition* 41: 461-469.

Peoples, M.B, Gault, R.R., Herridge, D.F., McCallum, M.H., McCormick, K.M., Norton, R.M. Scammell, G.J., Schwenke, G.D, and Hauggaard-Nielsen, H. 2001. Contributions of fixed nitrogen by crop legumes to farming systems of Eastern Australia. *Proceedings of 10th Australian Agronomy Conference, Horbart*

Rodas, A; Nuñez, R; Espinosa, V; Alcántar, G. 2001. Asociación Lupino - Maíz en la

nutrición fosfatada en un andosol. *Terra Latinoamérica*, vol 19. Chapingo México.

Rodríguez, H. y Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv* 17:pp.319-339.

Peña, J; Villegas, A; Sánchez, P. 2002. Contenido de N, P, K y rendimiento de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) 'Autumnbliss' orgánica asociada con lupino *Lupinus mutabilis* L. Montecillo, Mexico. En: *Revista facultad de ciencias biológicas UNMSM. Peru.* Pag 84-93

Unkovich, M.J, Pate, J.S. and Sanford, P. 1997. Nitrogen fixation by annual legumes in Australian Mediterranean agriculture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 48: 267 293

Yágodin, B. A 1983. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus*. *Agroquímica*. Editorial MIR. Moscú. Traducido al español por Ramiro Rincón, 464 pp. Gardner, W. K., D. G. Parbey and D. A. Barber. L. III *Plant and Soil*. 70:107-124 p.

Young, A. 1989. *Agroforestry for soil conservation: science and practice*. CAB International and ICRAF. Nairobi, Kenya. Pag 276.

Zamora, D. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el Cebollal, estado Falcón, Venezuela, *Revista Bioagro* 18(2):123-128.