

Efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en áreas altoandinas de la región Amazonas

Effect of *Pinus patula* plantations on the physicochemical characteristics of soils in high Andean areas of the Amazonas region

Manuel Oliva Cruz¹, Roicer Collazos Silva² y Tito Aldin Esparraga Espinoza³

RESUMEN

Se evaluó el efecto de las plantaciones de *Pinus patula* sobre las características fisicoquímicas de los suelos en zonas alto-andinas de la región Amazonas a partir de la comparación entre dos sistemas paralelos: sistema forestal con pino, y sistema a campo abierto, es decir, sin componente arbóreo. Para realizar esta evaluación se trabajó con seis áreas en diferentes pisos altitudinales, sumando un total de 18 áreas, nueve de ellos con plantaciones de pino y nueve sin pino, en los cuales se realizaron cuatro calicatas mediante un Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE), tomándose muestras de suelos a dos profundidades, de 0 a 15 cm, y de 15 a 30 cm. Se recolectaron un total de 144 muestras para su posterior análisis fisicoquímico. Los resultados obtenidos en referencia al pH indicaron que las áreas con plantaciones de pino (pH: 4,50) presentaron una ligera reducción con respecto a las áreas sin pino (pH: 4,83), mientras que la materia orgánica se incrementa (de 3,93 % a 5,54 %). En relación al potasio, las áreas con plantaciones de pino presentaron menores cantidades (109,50 ppm) en comparación con las áreas sin pino (135,73 ppm); esto mismo ocurre con el contenido de fósforo, el cual aumenta de 6,81 a 6,83 ppm.

Palabras clave: Florida – Pomacochas, tasa de deforestación, multitemporal, Landsat.

ABSTRACT

In the present study were evaluated the effect of plantations of *Pinus patula* on the physicochemical characteristics of soils in high Andean areas of the Amazon region from the comparison between two parallel systems: forest system with pine, and open field system, without arboreal component. For this evaluation it worked with six areas in different altitudinal floor, and a total of 18 areas, nine of them with pine plantations, nine without pine, in which four test pits were made using a Stratified Random Sampling (MAE), taking soil samples at two depths, from 0 to 15 cm, and 15 to 30 cm. A total of 144 samples were collected for subsequent physicochemical analysis. The results referring to the pH indicated that areas with pine plantations (pH: 4,50) showed a slight reduction compared to areas without pine (pH: 4,83), so the organic matter increases (from 3,93 % to 5,54 %). These results are increasing differences with increasing soil depth. In relation to potassium, planted areas showed lower amounts with pine (109,50 ppm) compared to areas without pine (135,73 ppm); The same applies to the content of phosphorus, which increases from 6,81 to 6,83 ppm.

Keywords: Florida – Pomacochas, deforestation rate, multitemporal, Landsat.

¹Ingeniero Agrónomo. Investigador del INDES-CES, UNTRM. E-mail: soliva@indes-ces.edu.pe

²Ingeniero Agroindustrial. Investigador del INDES-CES, UNTRM. E-mail: rcollazos@indes-ces.edu.pe

³Ingeniero Ambiental. Investigador del INDES-CES, UNTRM. E-mail: tito.asparraga@untrm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques montanos tropicales en la zona andina han sufrido una deforestación mayor que los bosques húmedos de tierras bajas a causa de los patrones de colonización (Molano, 1992; Bedoya y Klein 1996; Young, 1996; Cavelier y Santos, 1999).

De esta manera, en nuestro país gran parte de los bosques nativos han sido explotados, en mayor o menor medida, como consecuencia de la presión demográfica y las técnicas agropecuarias, entre otras actividades. Y es que con la pérdida de los bosques primarios y los productos que proporcionan, en especial para las comunidades rurales, se abre un espacio para la regeneración arbórea natural, o bien la reforestación en masa (Current *et al.*, 1998). No solo se han eliminado aquellos terrenos aptos para las actividades agropecuarias, sino que también han sido afectados muchos terrenos de capacidad de uso forestal; de ahí que existan extensas superficies con uso inadecuado o con vegetación degradada. Así, desde principios del presente siglo, se están estableciendo sobre ellas progresivamente plantaciones forestales, principalmente con especies introducidas, entre las que destaca el *Pinus patula*.

En el establecimiento de estas plantaciones no se ha tenido en cuenta el factor suelo, que en el caso de las especies nativas ha sufrido una selección natural. Y es que el sector forestal tiene el potencial para ser una fuente abundante de riquezas para nuestro país debido a sus ventajas comparativas (Galarza y La Serna, 2005). En cambio, para especies introducidas es necesario conocer los requerimientos y las condiciones del terreno para obtener altos rendimientos en rotaciones sucesivas. Hasta ahora las forestaciones se han efectuado, en cuanto al sitio, prácticamente al azar, los terrenos elegidos, por lo general bien accesibles, se caracterizan por haber sido abandonados luego de un uso para explotación de madera y / o con fines agropecuarios.

Las plantaciones forestales con *Pinus patula* son más productivas que los bosques nativos de *Quercus humboldtii* (Ramírez *et al.*, 2007). Sin embargo al hacer un análisis más profundo de la bioquímica del suelo y la hojarasca, estos investigadores demostraron que los bosques nativos retornan mayores cantidades de nutrientes al suelo. Asimismo determinaron que la relación C:N de la hojarasca es mayor para las planta-

ciones forestales lo que implica una descomposición y liberación de nutrientes más lenta que en los bosques nativos. Por lo tanto al menos desde el punto de vista de la bioquímica del suelo, los cambios relacionados con el reemplazo de bosques nativos por plantaciones de coníferas serían desfavorables, limitando la circulación de elementos y con ello la vida microbiana, que es un buen indicador de la calidad del suelo (Ramírez, *et al.*, 2007). Cabe destacar al pino como una especie exótica que, gracias a su rápido crecimiento y adaptación a suelos degradados en muchos lugares, ha convencido a muchas comunidades para usarlos en reforestación con el argumento de que llegado el turno de explotación de la madera a los 20-25 años percibirán buenas sumas de dinero por su venta. Además de su probable aprovechamiento de la madera procedente de las podas y el raleo, y la cosecha de los hongos que crecen en sus pies. También se promocionó, equivocadamente o no, que los bosques plantados servirán para regular el ciclo hidrológico y conservar suelos, flora y fauna (Granda, 2006) En lo referente a las alteraciones producidas por los pinos en el suelo, algunos autores (Urrego, 1997; Dames *et al.*, 1998; Scholes y Nowicki, 1998) señalan que la presencia de pino incrementa la acidez del suelo y, asociada con esta, se alteran procesos edáficos como: hidrólisis ácida, lixiviación de cationes básicos, nitrificación y actividad fúngica. Estas modificaciones pueden ser tan drásticas que producen cambios en las categorías taxonómicas más altas del suelo (Amiotti *et al.*, 2000).

Las plantaciones de pino y eucalipto (*Eucalyptus* spp) presentan un incremento de biomasa con fermentos en el suelo al aumentar la edad de la plantación, y una vegetación de sotobosque reducida; se ha asumido que las hojas y acículas de eucalipto y pino, respectivamente, tienen tasas de descomposición bajas por sus altos contenidos de aceites, sustancias alelopáticas, fenoles y lignina, y además se argumenta que las especies exóticas son las responsables de aumentar o mantener las condiciones de degradación de los suelos (Chacón, 2006).

En este estudio se busca conocer los efectos que tienen las plantaciones de *Pinus patula* en las propiedades fisicoquímicas y funcionales del suelo, de manera que sea posible contribuir a formular un marco apropiado para evaluar y comprender la magnitud y tipo de relaciones entre las propiedades del suelo y los procesos

del ecosistema. La razón, por tanto, es que sólo conociendo las relaciones entre cobertura vegetal, propiedades del suelo y función del ecosistema, es posible evaluar y decidir acerca de las consecuencias de cambios en cobertura vegetal.

Así, se desarrollaron los objetivos específicos siguientes: 1) determinar las características fisicoquímicas de los suelos con plantaciones de *Pinus patula* y sin *Pinus patula*; 2) realizar las comparaciones de las características fisicoquímicas de los suelos con plantaciones de *Pinus patula* y sin *Pinus patula*.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en los distritos de San Isidro del Maino, San Francisco de Daguas y Molinopampa (provincia de Chachapoyas); en el distrito de Huambo (provincia de Rodríguez de Mendoza); y en los distritos de Luya Viejo e Inguilpata (provincia de Luya), todos ellos pertenecientes al departamento de Amazonas (Figura 1).

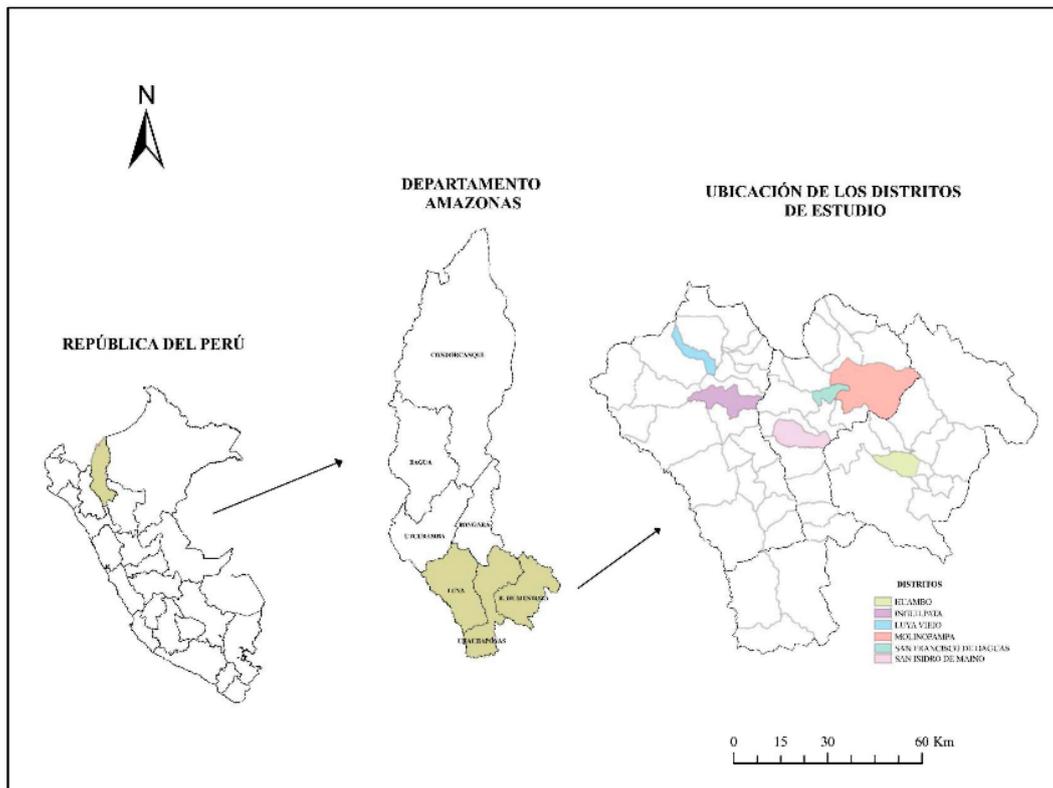


Figura 1. Ubicación geográfica del área con distritos de estudio

El desarrollo del trabajo se dividió en cuatro fases:

Fase 1: Trabajos preliminares

Se recopiló información secundaria, como referencias bibliográficas e información cartográfica existente relacionada con las zonas de estudio del Instituto Geográfico Nacional (IGN) e Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM).

Fase 2: Trabajos de campo

Se recopilaron 144 muestras de suelos para los análisis fisicoquímicos y la determinación de la densidad aparente (DA). Para ello se siguió la siguiente metodología:

- a. Georreferenciación de las zonas y unidades de muestreo, utilizando un GPS Garmin 550 Oregon, para luego ser procesados con la ayuda del software ArcGis 10,3 y MapSource.
- b. Selección de las parcelas en base a los siguientes criterios:

- Áreas que tengan plantaciones de *Pinus patula* de 7 a 15 años de edad y a una distancia de plantación que varía entre 2,5 x 2,5 metros mínimo, y 4 x 4 metros máximo.
- Las áreas deben estar reforestadas con plantaciones de pino, especie de *Pinus patula*.
- El manejo de los sistemas con plantaciones de *Pinus patula* (1) y sin *Pinus patula* (2), debía ser lo más parecido posible.

c. En cada parcela identificada se establecieron cuatro puntos de muestreo mediante un Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE). En cada punto se construyeron calicatas con una dimensión de 0,4 m largo x 0,4 m ancho x 0,3 m profundidad, y cada calicata representó una unidad muestral; estas fueron distribuidas según la forma o área del terreno. Se tomaron las muestras del suelo, a dos profundidades, de 0 a 15 cm, y de 15 a 30 cm. dichas muestras fueron utilizadas para realizar los análisis fisicoquímicos, determinación de la densidad aparente, y determinación del carbono orgánico en el suelo.

Fase 3: Trabajos de laboratorio:

Las muestras de suelos fueron analizadas en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), a través de la metodología aconsejada en cada caso (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos desarrollados en campo y laboratorio

VARIABLES	Método
Clase textural	Hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Cilindro mecánico
Conductividad eléctrica	Conductivímetro
pH	Potenciómetro
Materia orgánica:	
- Carbono orgánico	Walkley y Black
- Nitrógeno total	
Fósforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Acetato de Amonio; pH:7
Compactación	Penetrómetro dinámico

Fuente: Elaboración propia

Fase 4: Análisis de datos:

Con la información cartográfica, trabajos de campo y los resultados obtenidos en el laboratorio, se procedió a realizar la interpretación de los datos utilizando el Software estadístico Statistix 8. Se realizó un análisis de varianza a todos los tratamientos, y se hizo la prueba de Tukey para hacer una comparación múltiple

entre las variables dependientes y las variables independientes.

III. RESULTADOS

Determinación de las características fisicoquímicas de los suelos.

A. Características físicas.

Densidad aparente: Con el análisis de varianza para la densidad aparente (DA) de los suelos, no se presentaron diferencias significativas entre sistemas ($p=0,73$); en cambio para las profundidades ($p<0,05$) si se presentaron diferencias significativas. Por otra parte, en la interacción entre sistema, altitud y profundidad si existieron diferencias significativas ($p=0,99$). Mediante la prueba de Tukey al 5 % para las muestras de suelos procedentes del sistema 1 se alcanzaron unos valores de densidad aparente promedio menores ($1,01 \text{ gr/cm}^3$) a las muestras tomadas del sistema 2 ($1,03 \text{ gr/cm}^3$), lo cual indica que la diferencia estadísticamente no es significativa entre ambos sistemas (Figura 1).

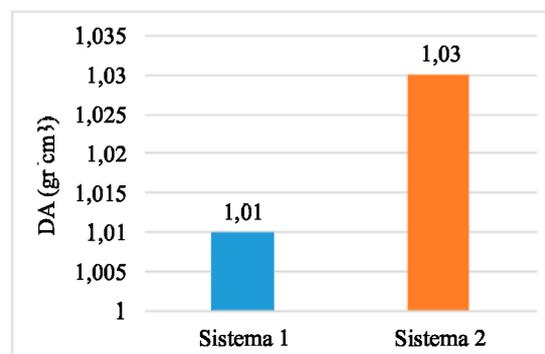


Figura 1. Valor de la DA según los sistemas

Con la misma prueba de Tukey al 5 %, las muestras recolectadas de la profundidad 1 resultaron menores ($0,96 \text{ gr/cm}^3$) a las de la profundidad 2 ($1,08 \text{ gr/cm}^3$) mostrando diferencias significativas (Figura 2).

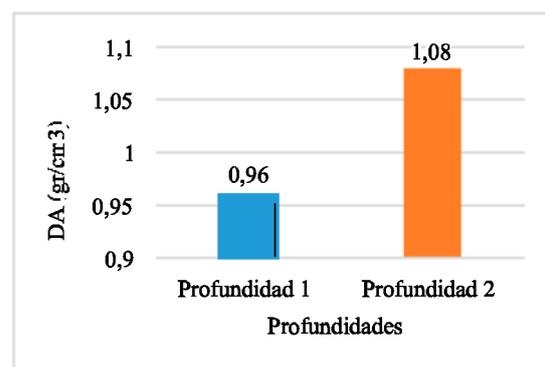


Figura 2. Valor de la DA según las profundidades

- Compactación: La compactación, mediante el análisis de varianza, no presentó diferencias significativas entre sistemas ($p=0,53$); por el contrario, para la interacción entre sistema y altitud si se presentaron diferencias significativas ($p<0,05$).

Con la prueba de Tukey al 5 %, los puntos tomados en el sistema 1 alcanzaron una compactación mayor (349,33 PSI) en comparación al sistema 2 (322,67 PSI) (Figura 3).

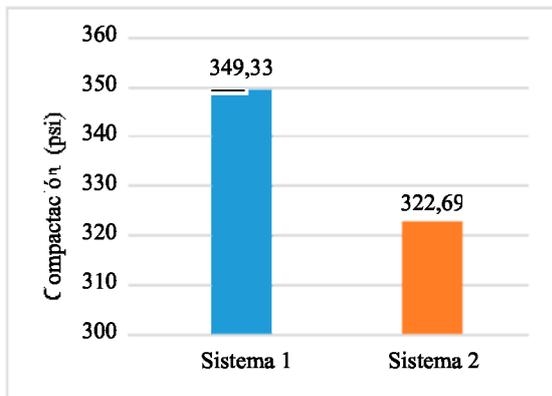


Figura 3. Valor de la compactación según las profundidades

- Clase textural: Con el análisis de varianza para la textura de los suelos, no se dieron diferencias significativas entre los sistemas ($p=0,16$), pero si en las profundidades ($p<0,05$); sin embargo, la interacción entre sistema y profundidad no presentó diferencias significativas ($p=0,67$).

Mediante la prueba de Tukey al 5 % con los valores asignados y mencionados anteriormente para las muestras de los suelos procedentes del sistema 1 (1,75), no aparecieron diferencias significativas con las muestras tomadas del sistema 2 (2,04) (Figura 4).

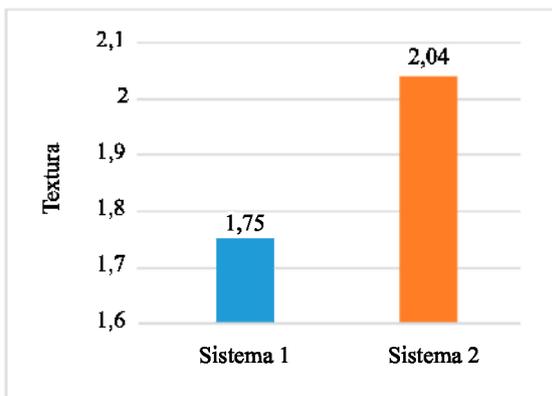


Figura 4. Valor de la textura según los sistemas

El análisis de varianza y la prueba de Tukey se determinaron asignando un valor a cada una de las clases texturales encontradas en el presente estudio: Franco arenoso: 1, Arenoso franco: 2, Franco arcilloso arenoso: 3, Franco: 4, Franco arcilloso: 5 y Franco limoso: 6.

Asimismo, para las muestras recolectadas de las profundidades 1 (1,70) y 2 (2,10) y con la misma prueba de Tukey la diferencia también fue significativa (Figura 5).

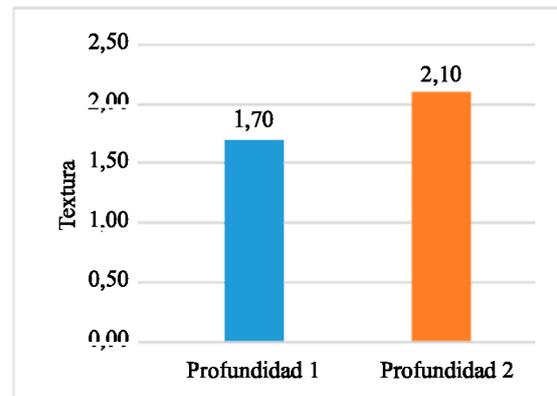


Figura 5. Valor de la textura según las profundidades

B. Características químicas

- pH del suelo: Con el análisis de varianza para el pH, se mostraron diferencias significativas entre los sistemas ($p<0,05$); mientras que en las profundidades ($p=0,43$) no se presentaron estas diferencias significativas; no obstante, para la interacción entre sistema y profundidad si se volvieron a presentar diferencias significativas ($p<0,05$).

Con la prueba de Tukey al 5 %, las muestras de suelos procedentes de sistemas 1 alcanzaron un pH fuertemente ácido (pH: 4,50), lo cual difiere significativamente del sistema 2 (pH: 4,83) (Figura 6).

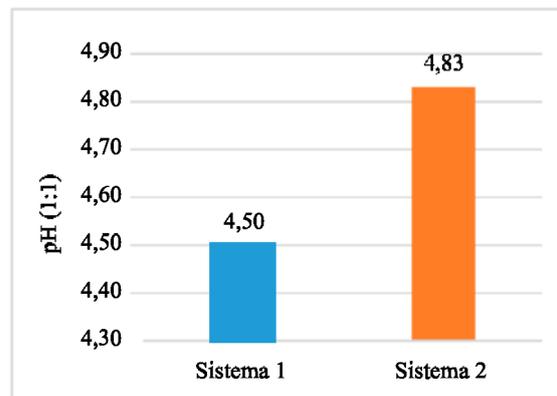


Figura 6. Valor del pH según los sistemas

En cambio, para las muestras recolectadas de las profundidades 1 (pH: 4,64) y 2 (pH: 4,69) la diferencia no fue significativa (Figura 7).

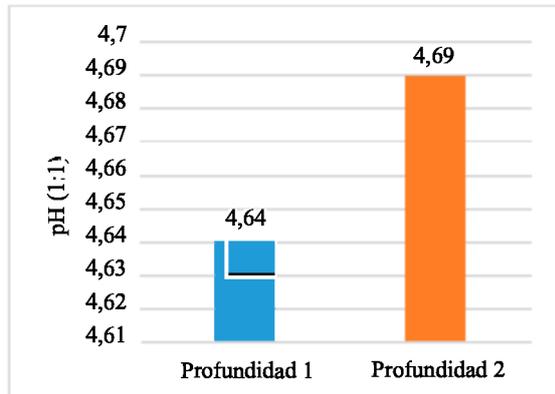


Figura 7. Valor del pH según las profundidades

- **Potasio (K):** Con el análisis de varianza para el K, se mostraron diferencias significativas entre los sistemas ($p < 0,05$), lo mismo que en las profundidades ($p < 0,05$), y al contrario que para la interacción entre sistema y profundidad, donde no se presentaron diferencias significativas ($p = 0,74$).

Mediante la prueba de Tukey al 5 %, las muestras de suelos procedentes de sistemas 1 alcanzaron un K promedio menor (109,95 ppm) que para el sistema 2 (135,73 ppm) (Figura 8).

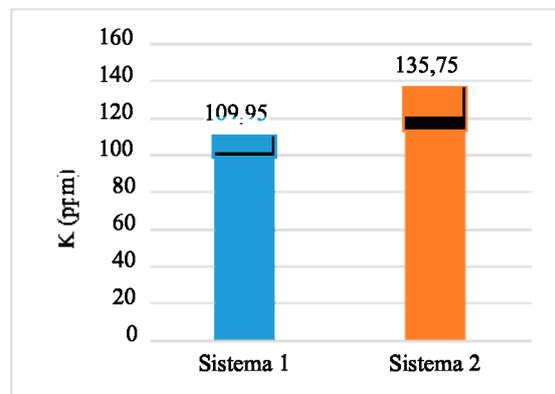


Figura 8. Valor del K según los sistemas

Sin embargo, para las profundidades 1 (146,89 ppm) y 2 (98,79 ppm) si aparecieron diferencias significativas (Figura 9).

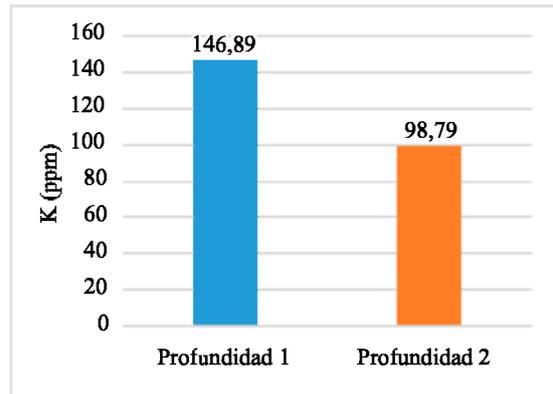


Figura 9. Valor del K según las profundidades

- **Fósforo (P):** Mediante el análisis de varianza para el P, no se presentaron diferencias significativas entre los sistemas ($p = 0,95$); pero si para las profundidades ($p < 0,05$); con respecto a la interacción entre sistema y profundidad tampoco se dieron diferencias significativas ($p = 0,38$).

Con la prueba de Tukey al 5 % para las muestras de suelos procedentes de sistema 1, se alcanzó un P promedio mayor (6,83 ppm) al sistema 2 (6,81 ppm), lo cual no mostró diferencias significativas (Figura 10).

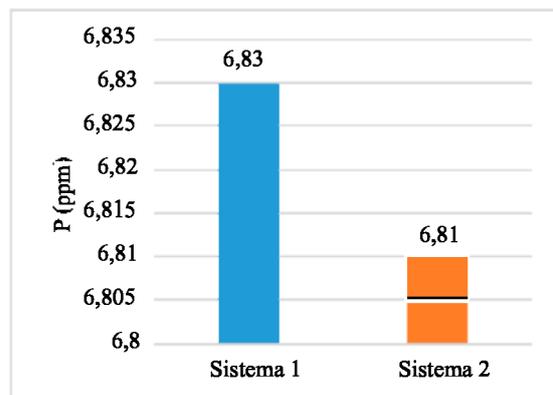


Figura 10. Valor del fósforo según los sistemas

En las profundidades 1 (7,63 ppm) y 2 (6,02 ppm) también se mostraron diferencias significativas (Figura 11).

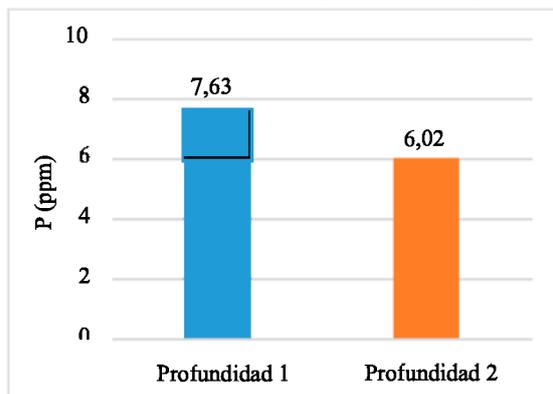


Figura 11. Valor del fósforo según las profundidades

- **Materia orgánica (%):** Con el análisis de varianza para la materia orgánica (MO), aparecieron diferencias significativas entre los sistemas ($p < 0.05$), y en las profundidades ($p < 0.05$); sin embargo, en la interacción entre sistema y profundidad no ocurrió así ($p = 0,62$). Mediante la prueba de Tukey al 5 %, las muestras de suelos procedentes de sistemas 1 alcanzaron un porcentaje promedio mayor (5,54 %) de MO que en los sistemas 2 (3,93%) (Figura 12).

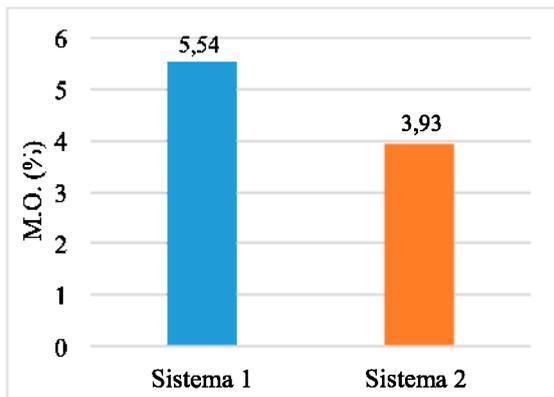


Figura 12. Valor de la M.O. según los sistemas

Asimismo, para las profundidades 1 (5,50%) y 2 (3,97%) también se mostraron diferencias significativas (Figura 13).

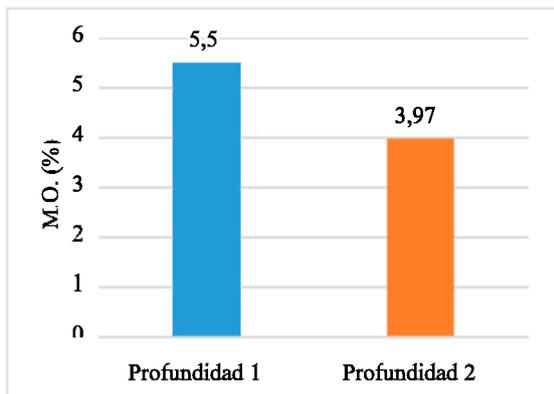


Figura 13. Valor de la M.O. según las profundidades

IV. DISCUSIÓN

En cuanto al pH se encontró que en la situación control, es decir, sistemas sin *Pinus patula*, el valor promedio fue de 4,83; resulta comparable con los valores reportados por Fariñas y Monasterio (1980) en las morrenas sin intervención de Mucubaji en Venezuela (0-10 cm de profundidad); estos autores señalan valores de pH que oscilan entre 4 y 5,6 con un promedio de 4,7, muy similares a los obtenidos en este estudio. Baruch

(1984), obtuvo en un páramo de rosetal-arbustal en Mucubají un pH del suelo (5-20 cm de profundidad) de 4,2, siendo el pH un poco más ácido al encontrado en esta investigación. Otro estudio llevado a cabo por Malagón (1982) en los suelos de la morrena terminal de Mucubají, revela un valor de pH muy similar al del presente estudio de 4,7 (0-36 cm de profundidad).

En cuanto a los cambios en los valores de pH para cada situación, se obtuvo que en los sistemas con plantación de *Pinus patula* se da una acidificación significativa del horizonte superficial (0-15 cm) del suelo, siendo el valor promedio de pH en suelos bajo plantación de 4,5. En Colombia, León *et al.* (1996) compararon las características de suelos con pastos y suelos con plantaciones de *Pinus patula* de 15 años de edad, encontrando una acidificación significativa. También en Colombia, León (2007) evaluó experimentos de restauración ecológica en plantaciones de *Pinus patula*, ubicadas en el Embalse de Chisacá, donde los análisis fisicoquímicos del suelo mostraron una leve disminución en el pH dentro de las plantaciones, indicando una tendencia leve a la acidificación de los suelos, siendo el pH del suelo bajo plantación de 5,2 respecto a las áreas de matorral y pastizal (5,4 y 5,6 respectivamente). Por su parte, Van Wesenbeeck *et al.* (2003), en los Andes Colombianos, compararon áreas de plantaciones de *Pinus patula* de ocho años de edad, con la vegetación del subpáramo en los alrededores de la plantación, y al evaluar algunas propiedades del suelo en la superficie entre 10-15 cm, encontraron que no hay acidificación (aunque no evaluaron el horizonte más superficial).

En relación a la materia orgánica, en este estudio se obtuvieron valores promedio de 5,54 (0-30 cm) en suelos con plantación de *Pinus patula* y de 3,93 (0-30 cm) en sistemas sin pino, lo cual contradice los resultados reportados por Hofstede *et al.* (2002), en los cuales se observa una reducción en el porcentaje de materia orgánica presente en los suelos bajo plantaciones de coníferas, en el horizonte A (0-10 cm), con respecto a áreas sin pino (siendo en promedio de 16,9% en la plantación y de 20,8% en áreas sin pino). Sin embargo, se encontró que esta diferencia no es estadísticamente significativa debido a la alta variabilidad entre los suelos de diferentes regiones. Por su parte, de nuevo en Van Wesenbeeck *et al.* (2003), se observaron, en general,

menores contenidos de materia orgánica dentro de las plantaciones de pino que en la vegetación de subpáramo, pero igualmente se observó que la diferencia no es significativa y que esta puede variar de acuerdo a muchos factores. Hofstede *et al.* (2002), en plantaciones de gran parte de las distintas regiones de Ecuador, indican que estas pueden generar efectos negativos sobre la vegetación del páramo (especies no leñosas), y en otros casos efectos positivos (en los casos donde hay presencia de sotobosques leñosos, los cuales tienden a regenerarse). Entre los factores que se mencionan se encuentra el tipo de región (suelos y clima), el uso previo de la tierra, y el manejo de las plantaciones. Es por ello que dichos efectos no pueden ser generalizados.

En cuanto al potasio y fósforo en los sistemas con *Pinus patula* los valores promedio en este estudio fueron de 109,95 y 6,83 ppm, respectivamente; esto no muestra diferencias significativas respecto a los sistemas sin pinos. Existen estudios realizados por Contreras y Montero (1975) quienes investigaron la fertilidad de los suelos agrícolas con suelos forestales, ambos sitios en laderas de pendiente entre el 19 y el 55 %. En el sistema cultivado se comprobaron pérdidas relativas del 50 % de nitrógeno, potasio y materia orgánica, y sobre el 25 % de fósforo, siendo estas consideradas como pérdidas mínimas.

La compactación en las áreas con plantaciones de *Pinus patula* (349,33 PSI) alcanzó un valor mayor con respecto a las áreas sin pino (322,67 PSI); estadísticamente esta diferencia no fue significativa. De hecho, se observa que los suelos con estructuras poco estables son susceptibles a la compactación, la cual impide el crecimiento y la distribución de raíces, por consiguiente, se altera la toma de agua y nutrientes, y consecuentemente disminuye la productividad sobre el suelo. Pero estos efectos pueden variar en base a muchos factores, principalmente los tipos de suelo y la variabilidad del clima (Unger y Kaspar, 1994).

A pesar que los impactos negativos de las plantaciones de coníferas sobre el suelo, estos resultados demuestran que el efecto de las plantaciones no siempre es el mismo, por lo tanto, no se debe generalizar. Sin embargo, para efectos de esta investigación los resultados sugieren que si hay una acidificación en el horizonte más superficial del suelo, lo cual pudiera relacionarse

con alteraciones en la biomasa microbiana, acículas con altos contenidos de lignina y bajas tasas de descomposición y cambios en las dinámicas del proceso de ciclado de N (mineralización, nitrificación, desnitrificación, lixiviación y fijación). Vargas Merchán (2012). La mayor parte de estas transformaciones traen consigo producción o consumo de protones que pudieran estar alterando el pH (Sarmiento y Llambí, 2011). Carey (1982), determinó que existen cambios favorables si las plantaciones son manejadas con menor densidad, permitiendo el desarrollo simultáneo de otras especies naturales o culturales en el mismo sitio. Esto evita una acumulación exagerada de tejidos orgánicos de pino y favorece la descomposición.

V. CONCLUSIONES

Los niveles nutricionales de los suelos con plantaciones de *Pinus patula* son buenos, presentando un K medio de 109,5 ppm, un P bajo, de 6,83 ppm, y un valor de MO alta, del 5,54 %, en comparación con los sistemas sin plantaciones de pino que mostraron un K medio de 135,73 ppm, P bajo de 6,81 ppm, y un valor de MO media de 3,9 %.

El pH tiende a disminuir en sistemas con plantaciones de *Pinus patula*, algo que se evidencia en las altitudes que van desde 2600 a 3100 msnm y a profundidades de 0 a 15 cm. Asimismo la compactación tiende a subir conforme disminuye la altitud.

La clase textural en los sistemas con *Pinus patula* y sin él tiende a mantenerse, puesto que en ambos sistemas encontramos suelos: Franco arenoso, arenoso franco y franco arcilloso arenoso.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amiotti, N, P. Zalba, L. F. Sanchez y N. Peinemann. "The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina". *Ecology*, Vol. 81 (2000): 3283-3290.
- Baruch, Z. "Ordination and classification of vegetation along an altitudinal gradient in the Venezuelan paramos". *Vegetation*. 1984.
- Bedoya, E. y L. Klein. "Forty years of political ecology in the Peruvian upper forest: the case of upper Huallaga". Columbia University, Nueva York. *Tropical deforestation*, 1996.

- Carey, H. "*Pinus radiata* forest floors: factors affecting organic matter and nutrient dynamics". 1982.
- Cavelier, J. y C. Santos. "Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia". *Revista de Biología Tropical*, Vol. 47(1999): 775-784.
- Contreras, A. y A. Montero. "Caracterización perspectiva de los suelos de la quebrada de Uraco". Informe Proceso de investigaciones Regionales. Universidad de Chile. 1975.
- Current, D., L. Rossi, C. Sabogal, W. Nalvarte, S. Fujisaka y F. Idrogo. "Comparación de la potencial del manejo de la regeneración natural con asocio agroforestal y plantaciones puras para tres especies: estudios de caso en Brasil, Perú y Costa Rica 1". Congreso Latinoamericano IUFRO. 1998.
- Chacón, G. "Un almacén eco crítico para el contexto andino: cuestionando dogmas para el manejo ambiental". Boletín informativo de la asociación de Universidades del Sur del Ecuador y del Norte del Perú. Editorial AUSENP. 2006.
- Dames, J. F., Scholes, M. C. y Straker, C. J. "Litter production and accumulation in *Pinus patula* plantations of the Mpumalanga, South Africa". *Plant and Soil*, Vol. 203 (1998): 183-190.
- Fariñas, M. y M. Monasterio. "La vegetación del Páramo de Mucubají. Análisis de ordenamiento y su interpretación ecológica". Estudios Ecológicos en los Páramos Andinos. Monasterio, M. (Ed). Editorial de la Universidad de los Andes. Mérida. 1980.
- Galarza, E. y K. La Serna. "Son sostenibles las concesiones forestales en el Perú". *Economía y Sociedad*, Vol. 56 (2005): 34-41.
- Granda, P. "Monocultivos de árboles en Ecuador". 2006.
- Hofstede, R., J. Groenendijk, R. Coppus, J. Fehse y J. Sevink. "Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian high Andes". *Mountain Research and Development*. 2002.
- León, T., A. Suárez y A. Castañeda. "Efectos sobre el suelo de plantaciones comerciales de *Pinus patula* y *Ecalyptus grandis* en su crecimiento". Informe preliminar del componente Suelo y Aguas del Proyecto de evaluación del Impacto Ambiental de las Plantaciones Forestales en Colombia. Santafé de Bogotá. 1996.
- León, O. "Experimentos de restauración ecológica en plantaciones de *Pinus patula*: Restauración ecológica del bosque altoandino". Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Colombia. 2007.
- Malagón, D. "Evolución de suelos en el páramo andino NE del Estado Mérida-Venezuela". CIDIAT. Mérida. 1982.
- Molano, J. "Las regiones tropicales americanas: visión geográfica de James J. Parsons". Fondo FEN, Bogotá, Colombia. 1992.
- Ramírez, J., C. Zapata, J. León y M. González. "Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de Piedras Blancas". Antioquia, Colombia. *Interciencia*. 2007.
- Sarmiento, L. y L. Llambí. "Regeneración del páramo después de un disturbio agrícola: síntesis de dos décadas de investigación en sistemas con descansos largos de la cordillera de Mérida". Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela. 2011.
- Scholes, M. C. y Nowicki, T. E. "Effects of pines on soil properties and processes". In: Richardson, D.M. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. *Ecology and biogeography of pinus*, 1998: 341-353.
- Unger, P. y T. C. Kaspar. "Soil Compaction and Root Growth: A Review". *Agronomy Journal*. 1994.
- Urrego, B. "La reforestación con coníferas y sus efectos sobre la acidificación, podsolización y pérdida de fertilidad de los suelos. Instituto de la potasa y el fósforo (INPOFOS)". Quito, Ecuador. *Informaciones Agronómicas*, Vol. 28 (1997): 6-12.
- Van Wesenbeeck, B., T. van Mourik, J. Duivenvoorden y A. Cleef. "Strong effects of a plantation with *Pinus patula* on Andean subpáramo vegetation: a case study from Colombia". *Biological Conservation*. 2003.
- Vargas Merchán, C. L. "Caracterización Físico-Química de Suelos en Plantaciones de *Pinus radiata* en ACOSA, parroquia Lasso, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi". 2012.
- Young, K. "Threats to biological diversity caused by coca/cocaine deforestation in Perú". *Environmental Conservation*. Vol. 23 (1996): 7-15.