



Propiedades físicoquímicas del suelo en diferentes estadios de la agricultura migratoria en el Área de Conservación Privada "Palmeras de Ocol", distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas (departamento de Amazonas)

Physicochemical soil properties at different stages of shifting cultivation in the "Palm trees of Ocol" Private Conservation Area, Molinopampa district, Chachapoyas province (department of Amazonas)

Segundo Manuel Oliva Cruz¹, Jorge L. Maicelo Quintana², Cristóbal Torres Guzmán³ y William Bardales Escalante⁴

RESUMEN

La presente investigación tuvo por finalidad evaluar las características del suelo bajo diferentes estadios de la agricultura migratoria en el Área de Conservación Privada "Bosque de Palmeras de la Comunidad Campesina Taulia Molinopampa", para obtener información acerca de su recuperación o deterioro. Para ello, se identificaron siete estadios en los dos márgenes de la quebrada Sumichaca-San Antonio, en los que se realizó el Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE), y posteriormente el análisis físicoquímico en laboratorio. Este permitió determinar la variación de dichas características (a dos profundidades) paralelas a la sucesión de bosques secundarios. Los datos fueron procesados con el software R mediante la aplicación de un Diseño en Bloques Completos al Azar con submuestras y la complementación con pruebas de comparación múltiple (Duncan y Tukey). Se recolectaron 84 muestras de suelo, las mismas que, al ser analizadas, demostraron que algunos parámetros, como el pH, fueron disminuyendo sus valores del estadio raso (6,05) hasta el bosque clímax (4,39). De igual manera, el carbono presentó una breve disminución de 3,46 % (raso) a 2,59 % (BC). Finalmente, se puede afirmar que la agricultura migratoria genera cambios significativos en algunas características del suelo debido a actividades como la tala y la quema.

Palabras clave: agricultura migratoria, estadios, características físicoquímicas, suelo.

ABSTRACT

The goal of the present investigation was to evaluate soil characteristics along the different stages of shifting cultivation in the "Palm Tree Forest" of the Taulia Molinopampa Peasant Community Private Conservation Area, in order to obtain information about its recovery or deterioration. For this, seven stages were identified in the two margins of the Sumichaca-San Antonio stream, in which the Stratified Random Sampling (MAE) was performed, and later the physicochemical analysis in the laboratory. This allowed to order the variation of these characteristics (at two depths) parallel to the succession of secondary forests. Data were processed with R software using a Full Batch Block Design with subsamples and complementation with multiple comparison tests (Duncan and Tukey). 84 samples were collected, which, when analyzed, showed that some parameters, such as pH, decreased their values from the satin stage (6.05) to the climax forest (4.39). Similarly, carbon showed a brief decrease from 3.46% (shallow) to 2.59% (BC). Finally, it can be affirmed that shifting cultivation generates significant changes in some soil characteristics due to activities such as logging and burning.

Keywords: shifting cultivation, stages, physicochemical characteristics, soil.

¹Ingeniero Agrónomo. Investigador del INDES-CES y docente UNTRM

²Ingeniero Zootecnista. Investigador del INDES-CES y docente UNTRM. E-mail: jmaicelo@indes-ces.edu.pe

³Ingeniero Ambiental. Investigador del INDES-CES. E-mail: cristobal.torres@untrm.edu.pe

⁴Médico Veterinario. Docente UNTRM. E-mail: william.bardales@untrm.edu.pe

*Autor de correspondencia: E-mail: soliva@indes-ces.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura migratoria es un sistema de cultivo convencional, donde extensas áreas de bosque son rozadas, quemadas y cultivadas durante un corto periodo y, posteriormente, son abandonadas para regenerarse por un periodo más largo (Conklin, 1961). En términos generales, se refiere a cualquier sistema agrícola temporal y especialmente cíclico que comprenda el desmonte de tierras seguido de fases de cultivo y barbecho (Brown y Schreckenber, 1998). A partir de los estudios realizados por Watters (1971) en Perú, se extrae una definición más cercana, a partir de la cual puede definirse a la agricultura migratoria como el conjunto de técnicas que utilizan los agricultores que sólo disponen de aperos primitivos, que no pueden invertir ningún capital en el trabajo y cuya finalidad esencial es producir alimentos para ellos mismos.

En otros países, se ha dado una denominación distinta a este concepto, sin embargo el trasfondo es similar. Así, en México se definen como redes migratorias a las infraestructuras sociales relativamente complejas en la que se insertan individuos, familias y comunidades. Constituyen entramados de relaciones interpersonales que adquieren funciones específicas (de apoyo mutuo, intercambio de favores, protección, información y orientación) durante el proceso migratorio. La participación de los individuos en las redes puede representar un capital social vital durante la movilización y el reasentamiento de los migrantes (París Pombo, 2007). Esto también ocurre en el distrito de Molinopampa, el cual en las últimas dos décadas ha aumentado su población a partir de la migración, principalmente de familias originarias del departamento de Cajamarca.

En el Área de Conservación Privada (ACP) “Bosque de Palmeras” de la Comunidad Campesina Taulia Molinopampa, la agricultura migratoria se practica hasta la actualidad. Los pobladores, que habitan en las localidades inmersas en el área de estudio, en su mayoría son inmigrantes, quienes para poder subsistir talan los bosques, y modifican así las características

del suelo y el paisaje. La principal amenaza del ACP es la creciente invasión y tráfico de terrenos que, a través de la deforestación descontrolada, transforman al bosque en campos abiertos (NCI y IIAP, 2011). Estos cambios de uso del suelo y cobertura en las últimas décadas han constituido uno de los factores plenamente implicados en el cambio global, alterando procesos y ciclos (Pineda Jaimes *et al.*, 2009).

Estudios realizados indican que a medida que el tiempo transcurre desde el abandono de los bosques, las especies arbóreas pioneras sustituyen al componente herbáceo, la adición anual de hojarasca y raíces finas aumenta, se conserva mejor la humedad y se enriquece la superficie del suelo con cationes y materia orgánica (Alfaro *et al.*, 2001). En otras palabras, con el paso del tiempo, el suelo recupera las características que fueron modificadas por la acción del fuego en la práctica de la agricultura migratoria (Reiners *et al.*, 1994).

Sobre la base de lo descrito, se propuso indagar sobre la calidad del suelo en los diferentes estadios de la agricultura migratoria en el ACP “Bosque de Palmeras” de la Comunidad Campesina Taulia Molinopampa, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, departamento Amazonas. En este sentido, los objetivos perseguidos fueron: a) caracterizar los estadios de la agricultura migratoria, b) evaluar las características físico-químicas de los suelos en los diferentes estadios, y c) estimar los impactos de la agricultura sobre las características del suelo a dos profundidades.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el ACP “Bosque de Palmeras” de la Comunidad campesina Taulia Molinopampa, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, departamento Amazonas (Figura 1). Este se sitúa a una altitud de 2303 m.s.n.m. (en el margen izquierdo de la quebrada Sumichaca-San Antonio), y a unos 2336 m.s.n.m., en el margen derecho. Teniendo en cuenta que todo el ACP está dividida en dos zonas: zona de

uso limitado, y zona de uso múltiple (NCI y IIAP, 2011), cabe destacar que las dos áreas antes citadas se encuentran en la zona de uso múltiple (se realizan actividades de agricultura, ganadería, uso de recursos maderables y no maderables para subsistencia, entre otras).

El ACP presenta un clima muy húmedo y templado cálido con exceso de agua. Morfológicamente está representado por un sistema de montañas altas calcáreas y altas montañas estructurales, que frecuentemente son afectados por procesos de remoción en masa: huaycos, caída de bosques, etc. Está compuesto principalmente por rocas de naturaleza calcárea (calizas y asociaciones), y en menor proporción areniscas, lutitas, limoarcillas y limonitas. Los suelos, generalmente, son muy superficiales a superficiales en las laderas con mayor pendiente, y moderadamente profundos en las laderas con pendiente moderadamente empinadas, de buen drenaje y textura variable. Las fuertes pendientes y la

superficialidad del suelo son limitantes para desarrollar cualquier actividad agrícola (IIAP, 2010).

Identificación de estadios

Se identificaron y caracterizaron siete estadios de acuerdo a la metodología de Dourojeanni (1987), complementada con la información aportada por los propietarios de los terrenos ubicados en las márgenes izquierda y derecha de la quebrada Sumichaca-San Antonio. Los siete estadios son:

1. Raso (chacra de maíz):

Está representado por chacras de maíz cosechadas, con pendientes empinadas para ambas repeticiones (Tabla 1).

2. Pradera:

Bosques de uno a dos años de edad. Las malezas y gramíneas comienzan a poblar el suelo abandonado. Sus pendientes oscilan entre moderadamente empinada y empinada (Tabla 1).

3. Arbustos:

Constituye la tercera fase de la sucesión de los

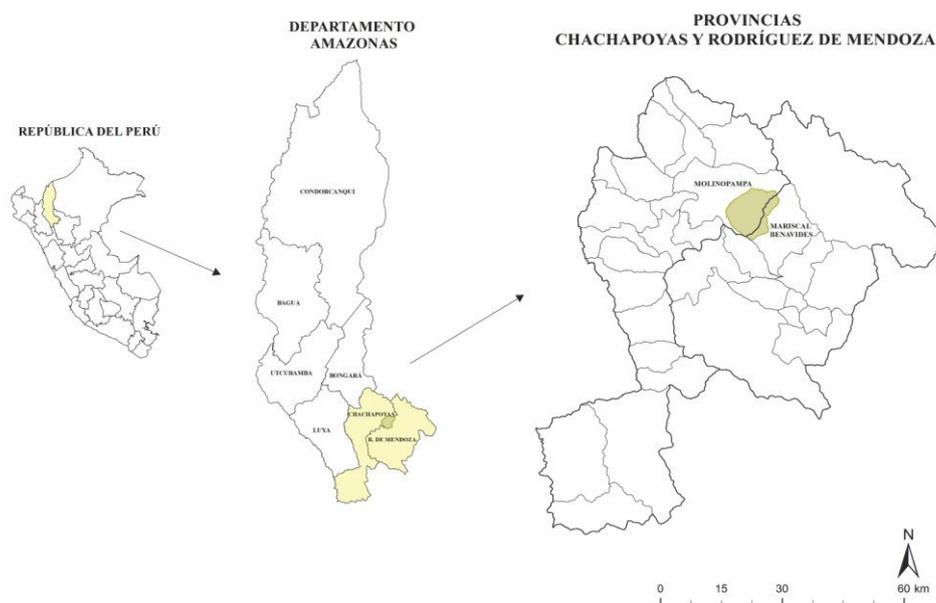


Figura 1. Ubicación del área de estudio de la ACP Comunidad campesina Taulia Molinopampa, distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas (departamento Amazonas)

bosques. Está representado por terrenos que han sido abandonados de dos a cuatro años después de ser talados y quemados. Con pendientes entre moderadamente empinada y empinada (Tabla 1).

4. Bosque secundario menor (BSM):

Representado por bosques secundarios de entre 5 y 10 años de edad con Diámetro altura de pecho (DAP) menores a 10 cm. (Dance y Kometer, 1984), y con pendientes de moderadamente empinada a empinada (Tabla 1).

5. Bosque secundario joven (BSJ):

Son bosques de edades entre 15 y 20 años con DAP de hasta 25 cm (Dance y Kometer, 1984), y con pendientes de moderadamente empinada a empinada (Tabla 1).

6. Bosque secundario adulto (BSA):

Representado por bosques que son maderables con

edades de 20 a 50 años (Dance y Kometer, 1984), y con pendientes entre moderadamente empinada a empinadas (Tabla 1).

7. Bosque clímax (BC):

Bosque que puede desarrollarse estable y sosteniblemente bajo las condiciones climáticas y edáficas (Dance y Kometer, 1984). Para la presente investigación, se tomaron las muestras en bosques aún no modificados por la actividad humana (bosque virgen). Por lo general, son bosques de edades cercanas o mayores a 100 años, con pendientes de ligeramente inclinada a moderadamente empinadas (Tabla 1).

Diseño del muestreo

Se establecieron tres puntos y parcelas de muestreo en cada estadio mediante la técnica de Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE).

Tabla 1. Rangos de pendientes en los siete estadios

N°	Estadio	Rango de Pendientes		Tipo de Pendiente de acuerdo al %
		Repetición 1	Repetición 2	
1	Raso	40 - 50	30 - 46	Empinada
2	Pradera	29 - 47	23 - 43	Moderadamente empinada - empinada
3	Arbusto	15 - 17	26 - 35	Moderadamente empinada - empinada
4	BSM	17 - 23	17 - 27	Moderadamente empinada - empinada
5	BSJ	15 - 22	26 - 30	Moderadamente empinada - empinada
6	BSA	20 - 30	16 - 28	Moderadamente empinada - empinada
7	BC	14 - 20	15 - 22	Ligeramente inclinada - Moderadamente empinada

Fuente: Elaboración propia

Trazado de las parcelas de muestreo

Después de haber identificado y georreferenciado cada estadio, se procedió a delimitar las parcelas para el muestreo. Cada parcela tuvo las siguientes dimensiones: 50 m de largo por 20 m de ancho, resultando un total de 1000 m².

Criterios de identificación de las parcelas

Las parcelas fueron identificadas mediante la información aportada por los propietarios y corroboradas con datos bibliográficos. Se ubicaron dentro de los estadios y se verificó que sean homogéneas, que presenten características similares y representen a cada uno de los estadios de la agricultura migratoria.

Se tomó como referencia la Guía para Muestreo de suelos (MINAM, 2014).

Se tuvo en cuenta que esa homogeneidad también se refleje en el tipo de flora que cubre al suelo, y que su pendiente no supere el 50%, tratando a su vez que a lo largo de los siete estadios dichas pendientes fluctúen entre el 14 y el 50 %. Y se las categorizó de acuerdo con la clasificación del tipo de pendiente de la Zonificación Económica y Ecológica del departamento de Cajamarca (Alcántara, 2011) (Tabla 1).

Recolección de muestras

La recolección de las muestras, en cada estadio, se realizó de acuerdo a la "Guía para muestreo de suelos"

(MINAM, 2014), en la que indica que para áreas de contaminación irregular menores a 1000 m² y hasta 5000 m², el número de muestras y distribución será por cada 15–20 metros lineales en las paredes.

Se realizó un muestreo en zigzag para que la muestra sea representativa para cada estadio. De cada punto de muestreo, se colectaron dos muestras de 0 a 15 y de 15 a 30 cm.

Se excavaron tres calicatas por estadio con dimensiones de 30 x 30 cm, y de cada una se recolectaron dos muestras: una de 0 a 15 cm y la otra de 15 a 30 cm de profundidad, sumando seis muestras por estadio. Resultaron un total de 84 muestras, 42 del margen izquierdo de la quebrada Sumichaca-San Antonio, y 42 del otro margen.

Las muestras de suelo fueron transportadas para su análisis en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A).

Las propiedades fisicoquímicas fueron analizadas con los siguientes métodos: la textura se determinó mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos; el pH con un pH-metro de mesa; la conductividad eléctrica con un conductímetro; el potasio por saturación con Acetato de Amonio; el fósforo por el

método de Olsen modificado; y el carbono orgánico, el nitrógeno y la materia orgánica, por el método de Walkley-Black.

Análisis de los datos

Los resultados obtenidos fueron sometidos a pruebas estadísticas. Se aplicó un ANOVA para luego realizar los análisis correspondientes a un Diseño en Bloques Completamente al Azar con submuestras, con el apoyo de pruebas de comparación múltiple como las de Duncan y Tukey. Par ello se empleó el software estadístico R (R Core Team, 2013).

III. RESULTADOS

Identificación de los estadios

Se identificaron siete estadios de la agricultura migratoria a los dos márgenes de la quebrada Sumichaca-San Antonio, en cada uno de los cuales se evaluaron las propiedades físicas y químicas del suelo (Figuras 2 y 3).

Evaluación de las propiedades físico-químicas

Materia orgánica

El análisis de varianza (ANOVA) para la materia orgánica en los suelos de la margen izquierda de la quebrada Sumichaca-San Antonio, indica que se dieron diferencias significativas en cuanto a los estadios ($p=0,0018$); respecto a las profundidades, las



Figura 2. Representación de los siete estadios de la agricultura migratoria



Figura 3. Representación de la repetición de los siete estadios de la agricultura migratoria

muestras de la parte superficial del suelo (0-15 cm) presentaron niveles más altos de materia orgánica pero no son significativamente diferentes ($p=0,2933$). No obstante, los suelos de la otra margen del río, no presentaron diferencias significativas a nivel de estadios ($p=0,0710$), pero sí a nivel de profundidades ($p=0,0004$). Las medias obtenidas fueron de 4,7590 y 2,5419 %, para ambos márgenes (Figura 4).

La prueba Duncan al 95% de confianza, demostró la existencia de diferencias significativas entre el estadio 6 (BSA) y el 4 (BSJ). Aquí, el estadio 6 presentó el mayor porcentaje de materia orgánica con 6 %. Además, se encontró que los estadios 3 (arbustos) y 1 (raso) fueron similares y difirieron significativamente del estadio 2 (pradera). Por otro lado, los estadios 1,4 y 7 del margen derecho de la quebrada, no presentaron diferencias significativas entre sí, sin embargo si se encontraron diferencias con el estadio 3.

Mediante la prueba Tukey se observó la existencia de diferencias significativas para el contenido de materia orgánica en diferentes profundidades entre los suelos del margen derecho del río, con valores promedios de 3,5 % y 1,7 %, respectivamente.

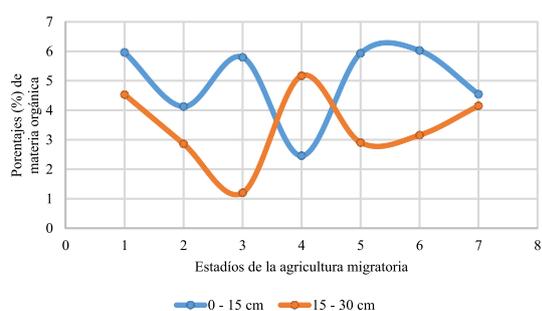


Figura 4. Porcentaje de materia orgánica en el suelo de los diferentes estadios

Textura

Al realizar el ANOVA para la textura, no se reportaron diferencias a nivel de estadios; sin embargo, la prueba Tukey, al 95% de confianza, permitió encontrar diferencias significativas en los estadios ubicados al margen izquierdo de la quebrada Sumichaca-San Antonio ($p=0,0008$), en los que predomina una textura franco-arenosa a profundidades de 0 a 15 cm. Por otro

lado, se encontró que, a profundidades de 15 a 30 cm, en los estadios 3,6 y 7 predomina la textura franco-arcillo-arenosa, además de diferenciarse de los otros estadios (Figura 5).

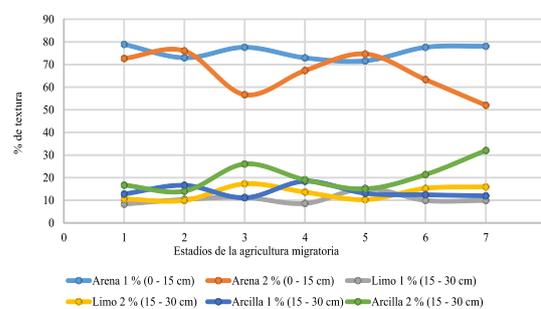


Figura 5. Comportamiento de la textura por estadios

En las parcelas del margen derecho de la quebrada, el ANOVA no reportó diferencias significativas ni por estadios ($p=0,6626$), ni a nivel de profundidad ($p=0,5132$).

pH

El ANOVA para el pH del suelo mostró la existencia de diferencias significativas a nivel de estadios en los dos márgenes de la quebrada ($p=0,0026$ y $0,0001$); resultados que fueron corroborados por la prueba Duncan, la misma que indicó la existencia de diferencias significativas entre los estadio 1 y 2, y los estadios 4, 5, 6 y 7 (Figuras 6 y 7). El estadio 1 (chacra de maíz) presentó los valores de pH más elevados (6,05 y 6,38) en los dos márgenes de la quebrada. Al analizar el nivel de pH por profundidades, la prueba Tukey sólo demostró la existencia de diferencias significativas para las muestras obtenidas en el margen derecho del río Sumichaca-San Antonio.

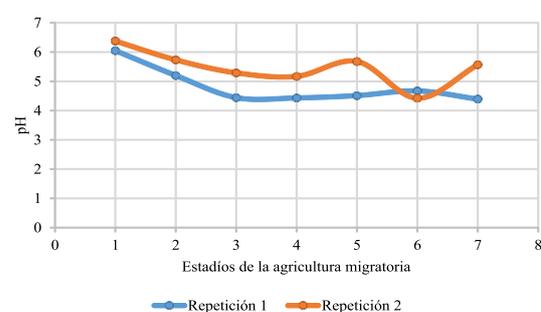


Figura 6. Niveles de pH en los 7 estadios (0-15 cm)

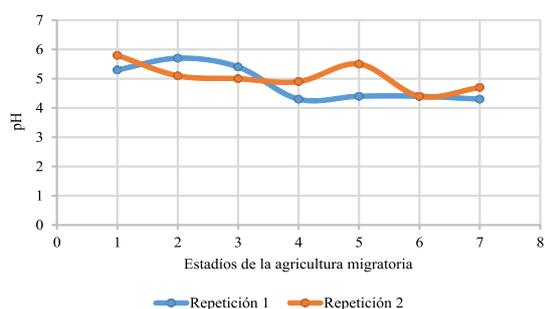


Figura 7. Niveles del pH por estadios (15-30 cm)

Conductividad Eléctrica (C.E.)

Las pruebas estadísticas a las que fueron sometidos los valores de la conductividad eléctrica del suelo, indicaron que existen semejanzas tanto a nivel de estadios como a nivel de profundidades (Figura 8).

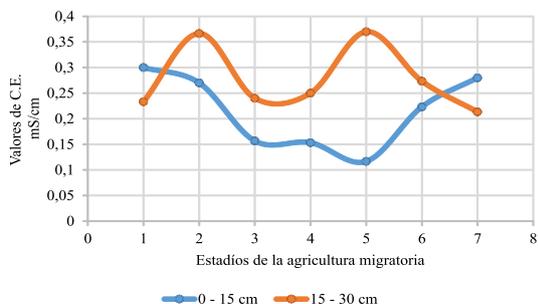


Figura 8. Niveles de Conductividad Eléctrica por estadios

Niveles de potasio

El ANOVA demostró la existencia de diferencias significativas a nivel de estadios en los terrenos de los márgenes izquierdo y derecho de la quebrada ($p=0,0002$ y $0,0173$, respectivamente). La prueba Duncan al 95 % de confianza demostró que en los terrenos del margen derecho, el contenido de potasio difiere significativamente entre el estadio 5 (BSJ) y el resto de estadios; mientras que en el otro margen las diferencias más marcadas se encuentran entre el estadio 5 (233,91 ppm-valor mínimo) y el estadio 1 (397,88 ppm- valor máximo). A nivel de profundidades, la misma prueba presentó diferencias significativas en ambos márgenes, con medias de 305,52 ppm y 381,96 ppm para 0 a 15 cm, y de 246,92 ppm y 256,16 ppm, para 30 a 50 cm (Figura 9).

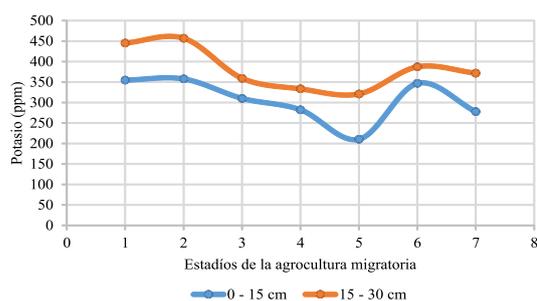


Figura 9. Niveles de potasio por estadios

Fósforo

Con relación al contenido de fósforo en el suelo, se encontraron valores medios de 13,6 ppm y 5,3 ppm para los suelos de los dos márgenes de la quebrada Sumichaca-San Antonio; cuando estos valores fueron sometidos al ANOVA no se encontraron diferencias significativas tanto a nivel de estadios como a nivel de profundidad (Figura 10).

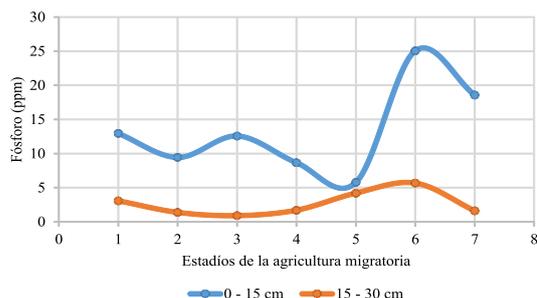


Figura 10. Niveles de fósforo por estadios

Carbono

En los siete estadios, para suelos del margen izquierdo de la quebrada, a partir de la prueba Duncan al 95%, el carbono del suelo presentó diferencias significativas entre los estadios 2 y 6, siendo las medias de ambos estadios de 1,9833 ppm (valor más bajo) y 3,4817 ppm (valor más alto), respectivamente. Para los estadios del margen derecho, la prueba Duncan mostró que el 1 y el 7 presentaron valores similares, pero difirieron significativamente del estadio 3, siendo el estadio 7 (BC) el que presentó la media más elevada (1,9067 ppm) (Figura 11).

Según la prueba Tukey al 95% de confianza, en los terrenos ubicados en el margen izquierdo de la quebrada Sumichaca-San Antonio, no existieron diferencias significativas a nivel de profundidad, pero

sí en el otro margen, con medias de 1,7614 ppm (0-15 cm) y 0,9605 ppm (15-30 cm).

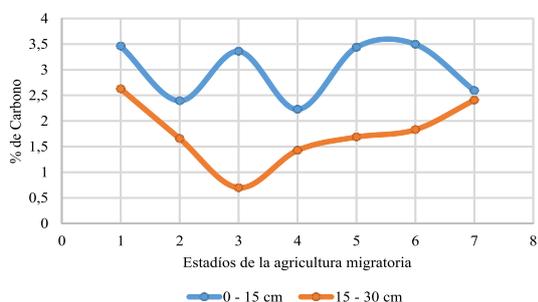


Figura 11. Niveles de carbono por estadios

Nitrógeno

La prueba Duncan al 95% de confianza demostró que entre los estadios 2 y 6 se dieron diferencias significativas en cuanto a la concentración de nitrógeno, siendo el estadio 6 el que presentó los mayores valores (media=0,3000). Por su parte, en las parcelas del margen derecho, la misma prueba mostró que los estadios 1 y 7 no presentaron diferencias entre sí, pero sí se diferenciaron significativamente del estadio 3 (Figura 12).

A nivel de profundidad, la prueba Tukey presentó diferencias significativas en el terreno ubicado en el margen derecho del río Sumichaca-San Antonio con medias de 0,1510 ppm y 0,0829 ppm.

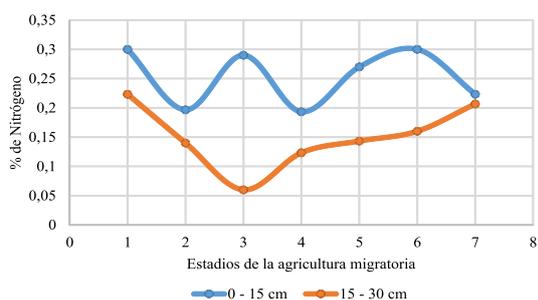


Figura 12. Niveles de nitrógeno por estadios

IV. DISCUSIÓN

Los agricultores, a través de diferentes actividades, adecúan el suelo para la producción de cultivos basándose en la calidad de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Khan *et al.*, 2013). Existen diferentes tipos de usos de suelo que influyen en las

características del suelo con el paso del tiempo (Wickramasuriya *et al.*, 2009). La corta y quema son las actividades practicadas con más frecuencia (Junqueira *et al.*, 2016).

Con estas actividades, los campesinos alteran la calidad del suelo, que sirve como instrumento para comprender la utilidad y salud de este recurso (Bautista *et al.*, 2004). La tala de bosques, las prácticas agrícolas de subsistencia, la intensificación de la producción agrícola y la expansión de los centros urbanos han cambiado drásticamente el paisaje, trayendo consigo la erosión de los suelos (Aguayo *et al.*, 2009).

Excepto el bosque clímax, todos los estadios han sido quemados anteriormente. La principal consecuencia del fuego es la pérdida de nutrientes con porcentajes aproximados del 96% de nitrógeno, 47% de fósforo, 48% de potasio, 35% de calcio, 40% de magnesio y 76% del azufre, y la liberación estimada del 98% del carbono a la atmósfera (Denich *et al.*, 2005). Sin embargo, Junqueira *et al.* (2016) afirman que, los sistemas de cultivo a pequeña escala a lo largo de gradientes de suelo, aumentan la fertilidad y favorecen las sinergias entre intensificación y diversificación de la agricultura migratoria.

A lo largo de todos los estadios, las tendencias de las características del suelo son distintas. El pH, por ejemplo, se reduce de 6,05 (estadio raso) a 4,39 (BC), y de 6,38 (estadio raso) a 4,42 (BC) en ambas repeticiones para profundidades de 0 a 15 cm. Mientras, de 15 a 30 cm también disminuye, pero en menores proporciones (de 5,3 a 4,3). En este sentido, Khan *et al.* (2013), demostraron que el pH en la parte superior del suelo es menor que en los horizontes B y C. Por su parte, Akbari *et al.* (2014), afirmaron que la pendiente también influye en los niveles de pH, y lo demostraron al encontrar que en terreno plano el pH es mayor.

El primer estadio fue quemado hace menos de un año. Diversos estudios afirman que el pH del suelo sufre un ligero aumento, ligado a la disponibilidad inmediata de cationes en la ceniza (e. g. Mils, 2007; Thomaz *et*

al., 2014) ya que estos contienen nutrientes acumulados por la vegetación secundaria, de manera que la quema corrige la acidez (Deane *et al.*, 2007).

La calidad química del suelo se ve afectada con el aumento de la temperatura durante la quema, la cual puede conducir a la pérdida de nutrientes en las primeras capas del suelo (Gómez, 2007). Esto se ve reflejado en los resultados de todas las pruebas en las que la capa superficial (0 a 15 cm) se vio más afectada en la mayoría de características que a la profundidad de 15 a 30 cm. En un estudio llevado a cabo en Japón, (Su y Katagiri, 1997), se demostró que el nitrógeno, uno de los nutrientes básicos de las plantas, se puede reducir notablemente después de la quema. En Venezuela se encontraron pérdidas del 95% de la materia vegetal, 97% de nitrógeno, 61% de fósforo y 76% de potasio. Debido al efecto del fuego, estos elementos son transformados y transferidos al aire, convirtiéndose en contaminantes (Hernández y López, 2002).

El potasio, por ejemplo, en esta investigación va disminuyendo a lo largo de los estadios, desde 354,55 ppm (estadio raso) hasta 277,52 ppm (BC), y de 445,10 ppm (estadio raso) a 371,60 ppm (BC); por tanto, fue el bosque secundario joven el que presentó los resultados más bajos con 210,22 ppm y 320,84 ppm para ambas repeticiones. Thomaz *et al.* (2014) sostienen que el material quemado contiene mayor concentración de elementos nutritivos que la capa de un suelo superficial en el que no ha intervenido el fuego.

La tendencia evolutiva de la materia orgánica en las dos repeticiones no es constante, en el estadio 1 (raso) fue de 5,96%, en el 2 (pradera) baja a 4,23%, y en el 3 (arbustos) asciende a 5,8%. Este comportamiento se puede entender acudiendo a Sales (2006), que afirma que el desequilibrio que pueda producirse en el *status* de la materia orgánica del suelo se da por (a) la exportación de los residuos de cosechas o la deforestación, (b) la incorporación de fertilizantes minerales y enmiendas orgánicas para compensar la pérdida de fertilidad del suelo, y (c) la alteración -

periódica de la estructura del suelo a consecuencia de las prácticas de laboreo, que aceleran la oxidación de la materia orgánica. En la zona de investigación se puede notar que en los terrenos de las repeticiones, las actividades son distintas. En el margen izquierdo de la quebrada Sumichaca-San Antonio se realizan actividades ganaderas, mientras que en el lado opuesto sólo se cultivan alimentos, y hay poca o mínima incidencia de ganado.

Por su parte, a nivel de profundidades se puede observar que en la parte superior (0 a 15cm) el porcentaje de materia orgánica es mayor que a las profundidades de 15 a 30cm. Esto es corroborado por Cardona y Sadeghian (2005), quienes observan una disminución del patrón de materia orgánica a medida que aumenta la profundidad.

En los suelos analizados, el carbono presenta una breve disminución en ambas repeticiones oscilando entre 3,46% a 2,59%, y 2,63% y 0,7 %, desde el estadio raso hasta el bosque clímax, para profundidades de 0 a 15 cm.; en cambio, a profundidades de 15 a 30, los resultados van de 3,02% a 1,57%, generándose un aumento en la repetición encontrada en el margen derecha del río, que va de 0,96% a 1,41%. Para Chontoria *et al.* (2004), el no laboreo o laboreo mínimo, el uso de cubiertas sobre el terreno, el control de la erosión, la fertilización, los sistemas agroforestales, y el control del sobrepastoreo, son prácticas que aumentan el contenido de carbono en el suelo.

Sin embargo, Sarkar *et al.* (2015), afirman que el Carbono Orgánico (CO) aumenta con la edad de descanso del suelo después de la agricultura migratoria y la tasa de aumento es mucho menor en los barbechos jóvenes que en los bosques más antiguos. La magnitud de los valores del carbono orgánico del suelo son 78,4, 91,5 y 102,8 Mg ha^{-1} en bosque joven (5 – 9 años). En el área de estudio, en los suelos del margen derecho de la quebrada se encontró que a partir del estadio 4 (BSM), los niveles de carbono comienzan a ascender. Esto indica que la acumulación de carbono orgánico del suelo se puede realizar sólo a cierta edad (aproximadamente 10 años o más) del

barbecho de bosque secundario. Por su parte, Nadal *et al.* (2016), afirman que no hay acuerdo en la literatura en relación con los efectos de la forestación en el carbono del suelo.

El rango óptimo de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad del fósforo se encuentra entre 6,5 y 7,5; las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que en este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo (Rojas, 2015). En este estudio se puede observar que a pH de 6,05, el fósforo es de 19,73 ppm.

Nadal *et al.* (2016), observaron que los valores más altos de pH se encuentran en los suelos desnudos. En el presente trabajo se corroboró esta información, ya que en las parcelas de los estadios raso y pradera, se apreció que en el margen izquierdo se había talado completamente para sembrar y en el otro margen habían dejado árboles que hacían de cobertura. Los valores de pH encontrados en los suelos sin cobertura fueron de: 6,38 (raso) y 5,72 (pradera), en tanto que, en las parcelas con cobertura se encontraron valores de 6,05 (raso) y 5,2 (pradera).

Las características fisicoquímicas del suelo sufren alteraciones debido a la intervención del hombre a través de la agricultura. Para Van Do *et al.* (2010), la sucesión del bosque secundario después de la agricultura migratoria, se ve afectada no sólo por el grado de perturbación durante el período de cultivo, sino también por otros factores. Sin embargo, el impacto de la agricultura migratoria sobre la dinámica de los macronutrientes como el fósforo y el potasio es incierto (Ribeiro *et al.*, 2013).

Los diferentes cambios sucedidos en las características fisicoquímicas de los suelos se deben también a la variación de pendientes existentes entre estadios. En el estadio raso, las pendientes van de 41,5% a 50%, y en su repetición, del 32,5% a 46%. La pendiente es un factor sustancial en la erosión del suelo (Hernández, 2011; Khan *et al.*, 2013). Cuando la pendiente es pronunciada (20% - 30%) el porcentaje de arcilla disminuye en los horizontes superficiales, mientras

que en pendientes más suaves (10%), la arcilla es importante en la superficie (Balaguer, *et al.*, 1998). Los estadios de raso a bosque secundario adulto presentan pendientes entre moderadamente empinada a empinada y su textura va de franco-arenosa a franco-arcillo-arenosa en los terrenos del margen derecho de la quebrada Sumichaca-San Antonio, y sólo franco-arenosa para los del otro margen. Finalmente, es necesario mencionar que, en lo referente a las propiedades físicas, el suelo por acción del fuego, sufre cambios considerables, especialmente en la capa superior (Mataix-Solera y Cerdá, 2009).

V. CONCLUSIONES

La agricultura migratoria genera cambios significativos en las características fisicoquímicas del suelo, algunas de las cuales presentan disminuciones de estadio a estadio, otras se mantienen, pero casi todas alcanzan el nivel del bosque clímax, que es el bosque virgen, con sus propiedades casi intactas.

A una profundidad de 0 a 15 cm, las características fisicoquímicas del suelo están más afectadas que de 15 a 30 cm, evidenciados en la diferentes tendencias.

A lo largo de la sucesión de los bosques secundarios, los suelos recuperan sus características, aunque en el primer estadio, muchas de ellas son impactadas por el fuego, por lo que, se puede decir que el fuego es uno de los elementos que más daños causa a las propiedades físicas y químicas del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M., A. Pauchard, G. Azócar y O. Parra. 2009. "Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje". *Revista chilena de historia natural* 82: 361-374.
- Akbari, A., R. Azimi y N. Bin. 2014. "Influence of slope aspects and depth on soil properties in a Cultivated Ecosystem" *EJGE* 19: 8601-8608.
- Alcántara, G. H. 2011. *Pendiente de los suelos del*

- departamento de Cajamarca. Cajamarca (Perú): Gobierno Regional de Cajamarca. Recuperado de: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/Pendiente.pdf>
- Alfaro E. A., A. Alvarado y A. Chaverri. 2001. “Cambios edáficos asociados a tres etapas sucesionales de bosque tropical seco en Guanacaste”. *Rev. Agronomía Costarricense Costa Rica* 25: 7–20.
- Balaguer, J., M. T. De la Cruz y J. Hernando. 1998. “Influencia de la pendiente en la formación de *Phaeozems* en el Puig de Sant Salvador”. *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo* 3: 301–308.
- Bautista A., J. Etchevers, R. F. del Castillo y C. Gutiérrez. 2004. “La calidad del suelo y sus indicadores”. *Ecosistemas* 2: 90–17.
- Brown, D. y K. Schreckenber. 1998. “Shifting cultivators as agents of deforestation”. *Natural Resource perspectives* 29: 1-10.
- Cardona, D. A. y S. Sadeghian. 2005. “Evaluación de propiedades físicas y químicas del suelo establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar”. *Cenicafé* 56: 358–364.
- Chontoria, C., J. C. Rodríguez y A. Saa. 2004 “Contenido de Carbono orgánico en el suelo y factores de control en España Peninsular”. *Edafología* 11: 149–157.
- Conklin, H. C. 1961. “The study of shifting cultivation”. *Curr. Anthropol.* 2: 27–61.
- Dance, J., y R Kometter. 1984. “Algunas características dasonómicas en los diferentes estadios del bloque secundario”. *Revista Forestal del Perú* 12: 1–15.
- Deane, T., O. Ryohei, C. J. Reis y R. De Olivera. 2007. “Queimar ou não queimar? De como produzir na Amazônia sem queimar”. *Revista UST* 72: 90–97.
- Denich, M., P. L. Vlek, A. Sá, K. Vielhauer y W. Lucke. 2005. “Development of fire-free Fallow management in the Eastern Amazon”. *Agriculture Ecosystems y Environment* 110: 43 – 58.
- Dourojeanni, M. 1987. “Aprovechamiento del barbecho forestal en áreas de agricultura migratoria en la amazonia peruana”. *Revista Forestal del Perú* 14: 1–33.
- Gómez, C. A. 2007. “Efectos de la quema sobre la calidad de los suelos”. Recuperado de: <http://agronomord.blogspot.pe/2007/07/efectos-de-la-quema-sobre-la-calidad-.htm>
- Hernández, D. A. 2011. *Influencia de la Pendiente y la Precipitación en la Erosión de Taludes Desprotegidos*. Tesis de Grado. Universidad del Bio-Bio. Concepción (Chile)
- Hernández. I. y D. López. 2002. “Pérdida de nutrimentos por la quema de vegetación en una sabana de *Trachypogon*”. *Revista de Biología Tropical* 50 (3-4).
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 2010. “Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas”. Iquitos (Perú): IIAP.
- Junqueira, A. B., T. J. Stomph, C. R. Clement y P.C. Struik. 2016. “Variation in soil fertility influences cycle dynamics and crop diversity in shifting cultivation systems”. *Agriculture, Ecosystems and environment* 215: 122 – 132.
- Khan, F., Z. Hayat, W. Ahmad, M. Ramzan, Z. Shah, M. Sharif, I. Ahmad Mian y M. Hanif. 2013. “Effect of solope position on physico-chemical properties of eroded soil”. *Soil Environmental* 32: 22–28.
- Mataix-Solera, J. y A. Cerdà. 2009. “Incendios forestales en España. Ecosistemas terrestres y suelos”. En *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España*. Mataix-Solera, J. y A. Cerdà (eds). Valencia (España): Universitat de València, Catedra de Divulgación de la Ciencia.
- Mils, G. 2007. “Impacto de la quema controlada sobre los principales parámetros químicos del sue-

- lo”. *Sitio Agropecuario de Producción Animal*: 72-76. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/uso_del_fuego/01-quema_impacto_sobre_suelo.pdf.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. *Guía para el muestro de suelos: en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo*. Lima (Perú): MINAM.
- Nadal, E., E. Cammeraat, E. Pérez y T. Lasanta. 2016. “Effects of secondary succession and afforestation practices on soil properties after cropland abandonment in humid Mediterranean mountain areas”. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 228: 91 – 100.
- NCI y IIAP (Nature and Conservation Internacional e Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 2011. *Expediente técnico y Plan Maestro para el Reconocimiento del Área de Conservación Privada Bosque de Palmeras de la Comunidad Campesina de Taulía Molinopampa*. Chachapoyas (Perú): IIAP.
- París Pombo, M. D. 2007. “Redes migratorias y transnacionalización de los mercados de trabajo en la agricultura: México y California”. *Veredas: revista del pensamiento sociológico* 15: 53 – 68.
- Pineda Jaimes, N. B., J. Bosque Sendra, M. Gómez Delgado y W. Plata Rocha. 2009. “Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: Una aproximación a los procesos de deforestación”. *Investigaciones geográficas* 69: 33 – 52.
- R Core Team. 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Reiners, W. A., A. F. Bouwman, W. F. Parsons y M. Keller. 1994. “Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties”. *Ecological applications*. 4 (2): 363-377.
- Ribeiro, A. A., C. Adams y R. S. Sereni. 2013. “The impacts of shifting cultivation on tropical soil. A review” *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*. 8: 693 – 727.
- Rojas, C. 2015. *Interpretación de la Disponibilidad de Fósforo en los Suelos de Chile*. Informe Técnico. Centro Regional de Investigación INNIA La Platina. La Platina (Chile).
- Sales, B. 2006. *Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, en influencia de uso y manejo de secuestro de carbono*. Tesis de Doctorado. Universidad de Sevilla. Sevilla (España).
- Sarkar, D., C. Dumbungcha, L. K. Baishya, A. Das, S. Ghosh, K. Levis y D. Rajkhowa. 2015. “Potential of fallow chronosequence in shifting cultivation to conserve soil organic carbon in northeast India”. *Catena*. 135: 321 – 327.
- Su, J. y S. Katagiri. 1997. *Pérdida del nitrógeno del suelo a continuación de un tratamiento de corta y quema de un bosque secundario de Japón Occidental*. Tokio (Japón): FAO.
- Thomaz, E. L., V. Antoneli y S. H. Doerr. 2014. “Effects of fire on the physicochemical properties of soil in a slash-and-burn agriculture” *Catena* 122: 209 – 215.
- Van Do, T., A. Osawa y N. Toan. 2010. “Recovery process of a mountain forest after shifting cultivation in Northwestern Vietnam”. *Forest Ecology and Management* 259: 1650 – 1659.
- Watters, R. F. 1971. *La Agricultura Migratoria en América Latina*. Roma (Italia): FAO.
- Wickramasuriya, R. C., A. K. Bregt, H. Van Delden y A. Hagen. 2009. “The dynamics of shifting cultivation captured in an extended constrained cellular automata land use model”.

Ecological Modelling 220: 2302–2309.