

# Impacto sobre indicadores físicos y químicos del suelo con manejo convencional de coca y cacao

Ronald, Celis-Tarazona<sup>1\*</sup>; Nelino, Florida-Rofner<sup>2</sup>; Alex, Rengifo-Rojas<sup>3</sup>

## Resumen

La investigación evaluó el impacto del manejo convencional de los cultivos de *Erythroxylum coca*, *Theobroma cacao* L. y bosque como referencia, sobre indicadores físicos y químicos del suelo, en Padre Abad región Ucayali-Perú. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, los tratamientos lo constituyen los sistemas de manejo convencional de coca (CO), cacao (CA) y bosque secundario (BS) como referencia; se evaluaron indicadores físicos como densidad aparente (DA) y resistencia a la penetrabilidad (RP) en estratos de 0,00 a 0,10 m (DA10 y RP10) y 0,10 a 0,20 m (DA20 y RP20) y los indicadores químicos pH, materia orgánica (MO), fósforo (P), potasio ( $K^+$ ), calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), aluminio ( $Al^{3+}$ ), saturación de aluminio (%SAL) y la acidez cambiante (%AC). Los resultados muestran diferencias significativas en indicadores físicos DA10, DA20, RP10 y RP20 y en los indicadores químicos pH, MO,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , AC y SAL. Se concluye, que el manejo convencional de coca afecta severamente los indicadores físicos DA y RP en ambos estratos evaluados y afecta negativamente sobre indicadores químicos, disminuyendo los niveles medios de pH, MO, P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y los valores más alto en resistencia a la penetrabilidad superficial, aluminio intercambiable y acidez cambiante, en comparación al bosque.

**Palabras clave:** hoja de coca, penetrabilidad superficial, toxicidad por aluminio.

## Impact of the conventional management of coca and cocoa on soil physical and chemical indicators

### Abstract

The research evaluated the impact of the conventional crop management of *Erythroxylum coca*, *Theobroma cacao* L. and as reference forest, on physical and chemical soil indicators, in Padre Abad located in the region Ucayali in Peru. In a completely randomized designed test, evaluating physical indicators such as bulk density (DA) and resistance to penetrability (RP) in strata of 0.00 to 0.10 m (DA10 and RP10) and 0.10 to 0.20 m (DA20 and RP20) and chemical indicators pH, organic matter (MO), phosphorus (P), potassium ( $K^+$ ), calcium ( $Ca^{2+}$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), aluminum ( $Al^{3+}$ ), aluminum saturation (%SAL) and changeable acidity (%AC), the impact of conventional management systems of coca (CO), cocoa (CA) and secondary forest (BS) as a reference, were compared. The results show significant differences in the physical indicators DA10, DA20, RP10 and RP20 as well as in the chemical indicators pH, MO,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , AC and SAL. It is concluded that conventional coca management severely affects the physical indicators DA and RP in both strata evaluated and negatively affects chemical indicators, decreasing the average levels of pH, MO, P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  and higher values in resistance to surface penetrability, exchangeable aluminum and changeable acidity, compared to the forest.

**Keywords:** coca leaf, surface penetrability, aluminum toxicity.

**Recibido:** 20 de noviembre de 2019

**Aceptado:** 09 de abril de 2020

<sup>1</sup> Especialista de Áreas Naturales Protegidas ANP; Servicio Nacional de áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP); Perú- Tingo María; stewardcelis@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9362-4397>

<sup>2</sup> Profesor de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables; Perú- Tingo María; nelinof@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8751-4367>

<sup>3</sup> Profesor de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Ciencias económicas y administrativas; Perú- Tingo María; alrero2002@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7103-6903>

\* Autor de correspondencia: stewardcelis@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

Los principales productores de coca en América del sur son Colombia, Bolivia y Perú (Raffo *et al.*, 2016), y no es una exageración afirmar que la cocaína le dio forma a la economía y la política de países como Colombia (Ocampo, 2016). Además, tienen profundas raíces en la prehistoria y forma parte de la cultura ancestral de estos países, en la medicina tradicional y en los rituales espirituales. Sin embargo, en zonas como el valle de los ríos Apurímac y Ene-VRAEM-Perú, el 90 % de la producción de hoja de coca es destinada a la producción de pasta básica de cocaína y el clorhidrato de cocaína, actividad altamente rentable, pasando de ser un elemento cultural ancestral de la cultura andino amazónica y la otra de ser un elemento que genera Narcotráfico y violencia (Chocce, 2015; Ocampo, 2016).

Independientemente de las implicancias sociales el cultivo de coca tiene un impacto sobre el medio ambiente aún no determinado en su real magnitud, uno de estos problemas asociados es la deforestación, a nivel global los bosques del mundo se redujeron en un 3%, pasando de 4 128 millones de hectáreas (M ha) a 3 999 M ha en el período comprendido entre 1990 y 2015 (Keenan *et al.*, 2015) y las principales causas son: la expansión de la frontera agrícola, los cultivos de uso ilícito, la colonización, el desarrollo de infraestructura, la explotación minera, la explotación legal e ilegal de madera y los incendios forestales (Gutiérrez *et al.*, 2018). Además, la deforestación por el cultivo de coca sumado el manejo convencional en el proceso de producción genera impactos negativos en las propiedades físicas del suelo (Ceballos *et al.*, 2010; Hosokay, 2015; Navarro *et al.*, 2019), químicas del suelo (Correa, 2012; Arteaga *et al.*, 2016; Navarro *et al.*, 2019), microbiológicas del suelo (Florida *et al.*, 2012; Tofiño *et al.*, 2019) y otros componentes de los agroecosistemas (Bedoya *et al.*, 2017), provocando, entre otros, la quiebra de los servicios ecosistémicos, la destrucción de los ecosistemas vitales y la incapacidad de las generaciones futuras a gozar de agroecosistemas sostenibles (Bernex, 2009).

De los 150 millones de km<sup>2</sup> de área total de tierra, el 10% está dedicado a la producción agrícola, 55% son praderas, pastizales y bosques

y el resto no es adecuado para uso agrícola; la mayoría de esa producción depende de métodos agrícolas denominados “convencionales”, es decir, incluyen la aplicación de productos agroquímicos sintéticos (Devine *et al.*, 2008); en la actualidad, la agricultura está haciendo un uso cada vez más intensivo del suelo con el fin de obtener alimentos y materias primas, empleando insumos como plaguicidas y fertilizantes, situación que está conduciendo a una degradación creciente del suelo (Devine *et al.*, 2008; Silva y Correa, 2009).

Los sistemas convencionales, implican el uso de todas las tecnología apropiadas y disponibles, que la ciencia ha demostrado que benefician la producción de cultivos (Bruulsema, 2002); sin embargo, el uso excesivo de insumos químicos, como fertilizantes, herbicidas, y otros insumos pueden aumentar la compactación, la concentración de sales, la acidificación, disminución de materia orgánica y a largo plazo, rendimientos bajos (Florida *et al.*, 2018; Orozco *et al.*, 2016). Por lo tanto, evaluar los impactos de los sistemas de producción convencional de la coca en el ámbito de la provincia de Padre Abad, resulta de importancia social y ambiental, tratándose de un cultivo que persiste pese al esfuerzo de su erradicación en esta zona y en las principales cuencas productoras (VRAEM, Huallaga, Monzón, Aguaytía y Pichis Palcazú). En este contexto, el objetivo de la investigación fue evaluar el impacto del manejo convencional de los cultivos de *Erythroxylum coca*, *Theobroma cacao* L. y bosque secundario como referencia sobre indicadores físicos y químicos del suelo, en la Provincia Padre Abad región Ucayali en Perú.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación y condiciones agrologicas del lugar de estudio

El lugar donde se desarrolló la investigación es el fundo Cometivos, a orillas del río Aguaytía, políticamente, el centro poblado de Nuevo Progreso pertenece al distrito y provincia de Padre Abad, región Ucayali-Perú. La ubicación de las parcelas es: latitud -8° 54' 14'' y longitud 75° 29' 38'' para coca, -8° 54' 10'' y 75° 51' 16'' para bosque secundario y -8° 54' 16'' y -75° 29' 37'' para el cacao. Según Holdridge (2000) Padre Abad pertenece al ecosistema de bosque muy húmedo -

Premontano Tropical (bmh-PT) y las condiciones climáticas medias de los últimos 10 años son las siguientes: temperatura media anual es de 26,2 °C, la máxima 26,6°C y la mínima 25,9°C, humedad relativa de 84% y precipitación anual de 2 000 a 4 000 mm. Para Pulgar (2014) el área se clasifica como la ecorregión Omagua o selva baja.

### Sobre los sistemas de manejo del suelo

Se delimitó áreas homogéneas y característicos de acuerdo al sistema seleccionado

#### a) Coca (CO)

Se seleccionó una plantación de coca con manejo convencional, con una densidad de siembra de 0.3 m entre planta y 1 m entre fila; hasta la fecha el control de malezas se realiza con el herbicida glyphosato® 36% (dosis 3 L.ha<sup>-1</sup> en 300 L de agua) cada 45 a 60 días, después de cada cosecha de la hoja se aplica el fertilizante foliar baifolan® (aporta N, P y micronutrientes) y finalmente se realiza una aplicación de insecticida tifón® (100 cm<sup>3</sup> por mochila de 20 L) cada trimestre para proteger las hojas de las plagas.

#### b) Cacao (CA)

La plantación de cacao tiene 12 años de establecida, se maneja como monocultivo, sin asociación con otras especies en el interior o en el contorno, se ubica en áreas adyacentes a la coca, tiene un distanciamiento de siembra de 3x3 m y el control de malezas se efectúa utilizando el herbicida glyphosato® 36% (dosis 3 L. ha<sup>-1</sup> en 300 L de agua) cada 45 a 60 días y no tiene ningún plan de abonamiento.

#### c) Bosque secundario (BS)

Ambos sistemas, la coca y el cacao se comparó con bosque secundario, bosque adyacente a estos cultivos que presentan una gran intervención selectiva de especies con valor comercial, cuya composición actual es a base de especies como cetico (*Cecropia sp.*), topa (*Ochroma pyramidale*) moena (*Nectandra sp.*), pashaco blanco (*Acacia sp.*), shimbillo (*Inga sp.*), oje (*Ficus sp.*), Capirona (*Calycophyllum Spruceanum* (Bent.) Hook), palo lápiz (*Polyscias murrayi*), algunas palmeras como la yarina (*Phytelephas tenuicaulis*), el huasai

(*Euterpe oleracea*) y otras especies arbustivas.

### Muestreo de campo y análisis

Se realizó entre los meses de julio y agosto del 2019, siguiendo los lineamientos recomendados por la guía para el muestreo de suelos (MINAM, 2014). De cada sistema se seleccionó 2 000 m<sup>2</sup> como sub área de muestreo en ella se extrajo 15 muestras de puntos aleatorios. Los indicadores físicos se evaluaron a profundidades de 0,00 a 0,10 m y 0,10 a 0,20 m de profundidad para DA (por el método del cilindro) y RP (por método directo con penetrómetro de cono) y los indicadores químicos pH (método electrométrico), MO (Walkley y Black), P (método de Olsen modificado), K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> (por el método de acetato de amonio y lecturas en EAA), Al<sup>3+</sup> (método de Yuan), metodologías descritas por Bazán (2017). El porcentaje de saturación de aluminio %SAI (fórmula 1) y porcentaje de acidez intercambiable %AC (formula 2) por métodos indirectos.

$$\%SAI = \frac{Al}{SB+AL} \times 100 \quad (1)$$

#### Donde:

%SAI = porcentaje de saturación de aluminio  
Al = Aluminio intercambiable  
SB = Sumatoria de bases

$$\%AC = \frac{AC}{SB+AC} \times 100 \quad (2)$$

#### Donde:

%AC = Porcentaje de acidez intercambiable  
SB = Sumatoria de bases  
AC = Acides cambiabile (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>)

### Análisis estadístico

El diseño utilizado es completamente aleatorizado (DCA), en donde los tratamientos lo constituyen los sistemas de manejo del suelo (manejo convencional con coca (CO), cacao (CA) y bosque secundario (BS), con tamaño de muestra n=15 (muestras de suelo por sistema). Los datos se sometieron a la prueba Duncan con un nivel

de significancia del 5% para la comparación de medias para los indicadores físicos y químicos del suelo. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software IBM-SPSS 25, licencia amparada por la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los datos se presentan en tablas, analizadas estadísticamente.

### III. RESULTADOS

La tabla 1, muestra los promedios y error estándar de la media de los indicadores físicos en los diferentes sistemas evaluados, se observa

diferencias estadísticas altamente significativas para la DA y RP en ambos estratos, así como para limo y arena; sin embargo, la fracción arcilla no mostro diferencias entre los sistemas convencionales y el bosque secundario. La prueba de Duncan determinó los sub conjuntos homogéneos a, b, y c, de aquellos indicadores físicos que presentan diferencias significativas para  $p < 0.05$ . Observándose, que los menores valores de DA y RP presenta el sistema de bosque secundario y los mayores valores el sistema con coca, en particular RP10.

**Tabla 1.** Promedios y análisis de varianza de Indicadores físicos del suelo en distintos cultivos bajo estudio.

Indicadores	Cultivos			Estadísticos	
	BS	CO	CA	EEM	Sig,
Da10 (g/c <sup>3</sup> )	1,071±0,04 <sup>a</sup>	1,443±0,06 <sup>b</sup>	1,456±0,04 <sup>b</sup>	0,002	< 0,01**
Da20 (g/c <sup>3</sup> )	1,176±0,03 <sup>a</sup>	1,525±0,03 <sup>b</sup>	1,574±0,06 <sup>c</sup>	0,002	< 0,01**
Rp10 (Kg/cm <sup>2</sup> )	2,123±0,24 <sup>a</sup>	4,266±0,12 <sup>b</sup>	2,164±0,12 <sup>a</sup>	0,03	< 0,01**
Rp20 (Kg/cm <sup>2</sup> )	3,128±0,19 <sup>a</sup>	3,694±0,12 <sup>b</sup>	3,140±0,15 <sup>a</sup>	0,02	< 0,01**
Arcilla (%)	17±3,79 <sup>a</sup>	17,330±3,18 <sup>a</sup>	15,730±1,98 <sup>a</sup>	9,48	0,33 <sup>ns</sup>
Limo (%)	34,466±2,19 <sup>a</sup>	58±2,27 <sup>b</sup>	55,33±1,79 <sup>c</sup>	4,41	< 0,01**
Arena (%)	48,2±5,05 <sup>a</sup>	24,66±2,47 <sup>b</sup>	28,93±2,60 <sup>c</sup>	12,77	< 0,01**

BS bosque secundario; CO coca; CA cacao; \* significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* significativo ( $p < 0,01$ ); ns no significativo ( $p > 0,05$ ); letras distintas en la misma fila expresan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ); EEM error estándar de la media; ± desviación estándar

La tabla 2, muestra los indicadores químicos en los diferentes sistemas evaluados, encontrando diferencias en los indicadores pH, MO, N, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, %AC y %SAL. Sin embargo, el P y Mg<sup>2+</sup> no mostraron diferencias entre los sistemas. Las pruebas pos-hoc de Duncan muestran los sub

grupos homogéneos a, b y c de los indicadores químicos que presentan diferencias entre los sistemas evaluados. Se observa que la CO es el sistema con los menores valores de pH, MO, P, K<sup>+</sup> y Ca<sup>+2</sup> y con mayores valores en Al<sup>3+</sup> y %SAL.

**Tabla 2.** Promedios y análisis de varianza de Indicadores químicos del suelo en distintos cultivos bajo estudio.

Indicadores	Cultivos			Estadísticos	
	BS	CO	CA	EEM	Sig,
pH	4,04±0,16 <sup>b</sup>	3,83±0,13 <sup>a</sup>	3,98±0,29 <sup>ab</sup>	0,04	0,02*
MO (%)	1,79±0,22 <sup>c</sup>	0,79±0,1 <sup>a</sup>	1,58±0,15 <sup>b</sup>	0,02	< 0,01**
P (ppm)	6,71±1,22 <sup>a</sup>	6,45±1,37 <sup>a</sup>	7,16±2,29 <sup>a</sup>	2,88	0,52 <sup>ns</sup>
K (kg/ha)	162,8±9,39 <sup>c</sup>	137,66±6,86 <sup>a</sup>	147,27±10,46 <sup>b</sup>	81,54	< 0,01**
Ca (Cmol/kg)	2,87±0,29 <sup>c</sup>	2,21±0,19 <sup>a</sup>	2,56±0,22 <sup>b</sup>	0,05	< 0,01**
Mg (Cmol/kg)	1,25±0,17 <sup>a</sup>	1,18±0,16 <sup>a</sup>	1,29±0,17 <sup>a</sup>	0,03	0,14 <sup>ns</sup>
Al (Cmol/kg)	3,04±0,31 <sup>a</sup>	3,94±0,31 <sup>c</sup>	3,37±0,33 <sup>b</sup>	0,09	< 0,01**
BC (%)	48,07±2,78 <sup>c</sup>	39,79±3,28 <sup>a</sup>	45,67±2,83 <sup>b</sup>	8,81	< 0,01**
%AC	51,93±2,78 <sup>a</sup>	60,21±3,28 <sup>c</sup>	54,33±2,83 <sup>b</sup>	9	< 0,01**
%SAL	35,48±2,39 <sup>a</sup>	46,29±3,69 <sup>c</sup>	39,92±2,475 <sup>b</sup>	8,48	< 0,01**

BS bosque secundario; CO coca; CA cacao; \* significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* significativo ( $p < 0,01$ ); ns no significativo ( $p > 0,05$ ); letras diferentes en la misma fila expresan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ). EEM error estándar de la media; ± desviación estándar; %AC porcentaje de acidez cambiante y %SAL porcentaje de saturación de aluminio

#### IV. DISCUSIÓN

##### Indicadores físicos

El cuadro 1, muestra la estadística descriptiva de los indicadores físicos en donde, la densidad aparente (DA) 10 varía entre 1.07 en Bs a 1.45 g/c<sup>3</sup> en CA; según SAGARPA (2012) se encuentra en el rango de un suelo ideal (DA < 1.4 g. cm<sup>-3</sup>) y aceptable (DA 1.4 a 1.55 g. cm<sup>-3</sup>) y la DA<sub>20</sub> vario de 1.17 en B a 1.57 g/c<sup>3</sup> en Ca; encontrándose en el rango de un suelo ideal (DA < 1.4 g. cm<sup>-3</sup>) y densidad que puede afectar el crecimiento radicular (DA 1.55 a 1.65 g. cm<sup>-3</sup>). Este criterio interpretativo está con base al crecimiento radicular y textura del suelo, que para este caso es franco limoso para la CO y CA y franco a franco arenoso para BS.

De acuerdo a estos resultados la densidad Da<sub>10</sub> y Da<sub>20</sub>, presentan diferencias para p<0.01; el sistema de BS presento los menores valores, seguido del sistema convencional de CO y CA en ambos estratos (0.00-0.10 m y 0.10-0.20 m). Este comportamiento puede explicarse, considerando que el bosque secundario tiene una continua incorporación de residuos orgánicos y en suelos con esta condición, los valores de la Da suelen ser bajas. Al respecto, Verhulst *et al.* (2015), indican que los sistemas de manejo que regresan más residuos del cultivo disminuyen la densidad aparente e incrementan la porosidad total y efectiva en comparación con los sistemas que dejan menos residuos. Resultados similares fueron reportados por Navarro *et al.* (2019) quienes no encontraron diferencias entre los tratamientos analizados sobre el estrato 0,00 m a 0,10 m. Sin embargo, encontraron diferencias significativas en el estrato de 0.10 a 0.20 m, atribuyen que el resultado se relaciona con la presencia de residuos de coberturas vegetales sobre la superficie y al efecto del sistema de preparación del suelo. Por tanto, en la investigación los valores de DA más altos lo presentaron los sistemas de CO y CA, sistemas que incluyen el uso de herbicidas que deja al suelo sin cobertura por largos periodos y que de acuerdo a los resultados produjo una disminución de la fracción arcilla, incrementándose el limo, condiciones que pueden haber afectado directamente sobre este indicador.

La RP<sub>10</sub> varió de 2,12 (BS) a 4,26 Kg/cm<sup>2</sup> en CO y en RP<sub>20</sub> 3,12 (BS) a 3,69 Kg/cm<sup>2</sup> en CO.

Según Hosokay (2012) la RP<sub>10</sub> corresponde a un suelo duro (2 a 3 Kg/cm<sup>2</sup>) y extremadamente duro (> 4 Kg/cm<sup>2</sup>) para el estrato superficial de 0,00 a 0,10m y para el estrato de 0,10 a 0,20 m (RP<sub>20</sub>), corresponde a un suelo muy duro (3 - 4 Kg/cm<sup>2</sup>); observando diferencias estadísticas altamente significativas para la Rp en ambos estratos. Los resultados muestran que el sistema de bosque secundario presentó los menores valores de Rp, siendo menor en la superficie (de 0,00 a 0,10 m) y mayor en la capa más profunda (0,10 a 0,20 m); similar comportamiento se aprecia en el sistema CA. Sin embargo, el sistema de CO presentó el valor más alto en la superficie y menor en el estrato inferior, esto evidencia que el manejo aplicado en el cultivo de coca afecta severamente la estructura del estrato superficial del suelo. Así lo confirma Ceballos *et al.* (2010) quienes evaluaron el efecto de sistemas de labranzas sobre la penetrabilidad, encontraron diferencias estadísticas y el sistema de siembra a favor de la pendiente presentó mayor resistencia a la penetración en relación al sistema en contra de la pendiente. También, Hosokay (2015) evaluó la calidad del suelo en diferentes sistemas, siendo el sistema de uso con mayor valor de resistencia a la penetración (4,50 kg/cm<sup>2</sup>) el suelo degradado.

En general, si bien resultados como de Demuner *et al.* (2013), Silva y Fernández (2014), Fidalski (2015) y Navarro *et al.* (2019) no encontraron diferencias significativas entre los sistemas que evaluaron sobre la Da y Rp; los resultados, se explican considerando que tanto la CO como el CA fueron tratados con herbicida desde su establecimiento (12 años) y en los suelos de coca hay varios factores que afectan negativamente los indicadores físicos del suelo, entre ellos: el aporte de residuos al suelo (la hoja es cosechada periódicamente), queda descubierta por largos periodos y la superficie queda expuesta a la erosión hídrica; en consecuencia se genera pérdida de los horizontes superficiales del suelo y alteraciones en la estructura. Por tanto, los resultados más desfavorables del suelo con coca son coherentes con las referencias citadas.

##### Indicadores químicos

La tabla 2, muestra los promedios y análisis

de varianza de Indicadores químicos del suelo en distintos cultivos bajo estudio, encontrando diferencias significativas para  $p < 0,01$  en los indicadores pH, MO, N,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , %AC y %SAL, excepto, P y  $Mg^{+2}$ . Según SAGARPA (2012) las medias encontradas corresponden a un suelo de pH fuertemente ácido, niveles bajo en MO, medio en P, muy bajo en  $K^+$ , bajo en  $Ca^{+2}$  y  $Mg^{+2}$ .

Los resultados muestran que el suelo con CO presenta los menores promedios en pH, MO, N, P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{+2}$  y los valores más altos en  $Al^{3+}$  y %AC, en comparación con BS. Según Bedoya et al. (2017) los agricultores que cultivan la coca y otros sembríos transitorios con manejo tradicional o empírico, hacen utilización excesiva de insumos agroquímicos en dichas plantaciones que intensifican el empobrecimiento y la degradación del suelo. Al respecto, Jacobi et al. (2018) sugieren coca con certificación orgánica en agroforestería dinámica como la que se desarrolla en las Yungas de La Paz (Bolivia), pero que necesita apoyo técnico e institucional en el manejo de los sistemas agroforestales, en la investigación y en la comercialización tanto de la coca agroecológica como otros productos agroforestales.

Los indicadores químicos que presentaron mayor alteración entre la coca, cacao y el bosque secundario fue la MO y el  $Al^{+3}$  intercambiable. El resultado evidencia que la coca manejada tradicionalmente con uso excesivo de herbicidas en esta zona, disminuye los niveles de MO y eleva el aluminio intercambiable. En general, la coca mostró los efectos más negativos en comparación con el cacao y el bosque secundario. Esto por el bajo aporte de residuos al suelo, dejar descubierta por largos periodos la superficie y la erosión hídrica de los horizontes superficiales del suelo. Hay que considerar que la materia orgánica del suelo tiene un papel importante en la retención de metales, por su capacidad para formar enlaces fuertes en sus grupos carboxílicos y fenólicos, por formación de complejos estables, solubilización, adsorción, precipitación y por el intercambio iónico (Bravo et al., 2014; Cortes et al., 2016); condición que frente a una disminución de la MO puede llevar a un incremento del  $Al^{+3}$  como ocurrió en esta evaluación.

Hay algunos trabajos que contrastan este

comportamiento, entre ellos, Tofiño et al. (2019), encontraron diferencias para los indicadores químicos y microbiológicos frente a la aplicación de glifosato, el uso de coberturas sintéticas (mulch) o naturales, frente al control manual de las malezas, en suelo sin mulch generó una disminución del 29 % en el rendimiento de la producción. También, Navarro et al. (2018) al evaluar los contenidos totales de carbono orgánico del suelo en diferentes sistemas de uso; los resultados muestran menores valores de carbono orgánico en el sistema convencional (SC). Los resultados de la investigación son contrastables con las referencias, el manejo de los cultivos sin duda genera efectos sobre el suelo, así, lo demuestra Arteaga et al. (2016) en siete tipos de uso y manejo del suelo; los valores mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para los contenidos de pH, %MO, %CO, N total, P, CIC  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Fe^{2+}$ , y S, mientras que no se presentaron efectos sobre los contenidos de  $Al^{+3}$ , Mn, B, Zn y Cu. Los mayores valores de %MO, N total, CIC,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , y S, fueron obtenidos en el sistema de bosque y sugiere a la MO, como la variable más sensible al efecto del manejo de los suelos.

## V. CONCLUSIONES

Los indicadores físicos, densidad aparente en estrato superficial DA10, se encuentran en el rango de un suelo ideal y aceptable y en estrato DA20 se encuentra en el rango de un suelo ideal y densidad que puede afectar el crecimiento radicular. La RP10, corresponde a un suelo duro y extremadamente duro y la RP20 corresponde a un suelo muy duro; observando diferencias altamente significativas para la DA y RP en ambos estratos. El suelo con manejo convencional de coca presenta valores desfavorables, con medias más altas para DA y RP

Los indicadores químicos presentan diferencias altamente significativas en los indicadores pH, MO, N,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , %AC y %SAL, entre los sistemas, excepto, P y  $Mg^{+2}$ . El suelo con manejo convencional de la coca presenta los menores promedios en pH, MO, N, P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y mayores en aluminio intercambiable y acidez cambiante, en comparación con el bosque secundario. El uso excesivo de insumos agroquímicos intensificó el

empobrecimiento y la degradación del suelo en un periodo de 12 años de manejo convencional del cultivo de hoja de coca, en comparación al bosque secundario.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, J., Navia, J. & Castillo, J. (2016). Comportamiento de variables químicas de un suelo sometido a distintos usos, departamento de Nariño, Colombia. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2), 62-75. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.53>.
- Bazán, T. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Universidad Nacional Agraria la Molina, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima Perú. 92 p. Recuperado de [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Bedoya, G., Eduardo, A. C. & Burneo, Z. (2017). Una agricultura insostenible y la crisis del barbecho: el caso de los agricultores del valle de los ríos Apurímac y Ene, VRAE. *ANTHROPOLOGICA*, 35(38), 211-240. <https://doi.org/10.18800/anthropologica.201701.008>
- Bernex, N. (2009). El impacto del narcotráfico en el medio ambiente; Los cultivos ilícitos de coca, un crimen contra los ecosistemas y la sociedad. *Mapa del narcotráfico en el Perú*, Parte I, 83-98. Recuperado de [http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/39934/4\\_impacto\\_medioambiente.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/39934/4_impacto_medioambiente.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Bravo, R., Arboleda, P. & Martín, P. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*, vol. 63 (02): 1-14. Recuperado de <http://www.redalyc.org/9081/articulo.oa?id=169930904007>
- Bruulsema, T. (2002). Productividad de los sistemas orgánicos y convencionales de producción de cultivos. *Informaciones Agronómicas* N° 51. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/761FF0DE18D89962852579A300778945/\\$FILE/Productividad%20de%20olos%20Sistemas%20Org%C3%A1nicos%20y%20Convencionales%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Cultivos.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/761FF0DE18D89962852579A300778945/$FILE/Productividad%20de%20olos%20Sistemas%20Org%C3%A1nicos%20y%20Convencionales%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Cultivos.pdf)
- Ceballos, D., Hernández I. O. & Vélez L. J. (2010). Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en un Andisol del departamento de Nariño. *Revista de Agronomía*, 27(1), 40-48. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104154.pdf>
- Chocce, F. (2015). Funciones de la hoja de coca durante el proceso de violencia política en el centro poblado de san José de villa vista, distrito de Chungui, provincia La Mar, región Ayacucho. Disertación de pregrado. Facultad de Antropología-Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/87/T363-CH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Correa, P. (2012). Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo-UNAS-Tingo María. Disertación de pregrado. Facultad de Recursos Naturales Renovable-Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco Perú. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/443>
- Cortes, P., Bravo, R., Martín, P. & Menjívar, F. (2016). Extracción secuencial de metales pesados en dos suelos contaminados (Andisol y Vertisol) enmendados con ácidos húmicos. *Acta Agron.* Vol. 65(03): 232-238. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n3.44485>
- Demuner, M., Cadena, Z. M. & Campos, M. S. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1): 68-71. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000500012&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500012&lng=es&tlng=es)
- Devine, G., Eza, D., Ogusuku, E. & Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 25(1): 74-100
- Fidalski, J. (2015). Qualidade física de Latossolo Vermelho em sistema de integração lavoura-pecuária após cultivo de soja e pastejo em braquiária. *Pesq.*

- agropec. bras., Brasília, 50(11), 1097-1104. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100013>
- Florida, R., López, C. & Pocomucha, V. (2012). Efecto del herbicida paraquat y glifosato en propiedades del suelo que condicionan el desarrollo de bacterias y fungi. *RevIA.*;2:35-43.
- Florida, R., Jacobo, S. S. & González, M. T. (2018). Comportamiento del cadmio y otros indicadores en suelo y almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo aplicación de compost y NPK. *Folia Amazónica*, Vol. 27 (2): 193-202. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i2.461>
- Gutiérrez, R., Canal, D. & Ávila, F. (2018). Cultivos de coca en Colombia: impactos socio-ambientales y política de erradicación. *ELEMENTA, Consultoría en Derechos*. Recuperado de <http://filesserver.idpc.net/library/Capitulo%204.pdf>
- Holdridge, R. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José-Costa Rica, 216p.
- Hosokay, O. (2015). *Calidad de suelo en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María*. Disertación de pregrado. Facultad de recursos Naturales Renovables, Huánuco Perú. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/453>
- Jacobi, J., Lohse, L. & Milz, J. (2018). El cultivo de la hoja de coca en sistemas agroforestales dinámicos en los Yungas de La Paz. *ACTA NOVA*, 8(4): 604 – 630. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892018000200008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000200008&lng=es&nrm=iso)
- Keenan, R., Reams, G. A., Achard, F. De Freitas, J. V., Grainger, A. & Lindquist, E. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*. 352, 9-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>
- Ministerio del Ambiente-MINAM. (2014). Guía para el muestreo de suelos. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- Navarro, V., Florida, R. N. & Navarro, V. L. (2019). Atributos físicos y materia orgánica de oxisols en sistemas de producción de caña de azúcar 21(2), 89 – 99. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.453>
- Navarro, V., Florida, R. N. & Navarro, V. M. (2018). Sustancias húmicas y agregación en oxisol (Rhodic Eutrudox) con pasto brachiaria y otros sistemas de uso. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30, Article #137. Retrieved June 3, 2019. <http://www.lrrd.org/lrrd30/8/nelino30137.html>
- Ocampo, B. (2016). *Sembrando coca y cosechando plata: economía familiar cocalera en el pueblo Awá de Ricaurte Colombia*. Disertación de Maestría. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec:8080/bitstream/10469/8156/2/TFLACSO-2016YMOB.pdf>
- Orozco, C., Valverde, F., Martínez, T., Chávez, B. & Benavides, H. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con manzano biofertilizado. *Terra Latinoamericana* 34: 441-456. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n4/2395-8030-tl-34-04-00441.pdf>
- Pulgar, V. (2014) Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis (Nova Série) Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica*. Recuperado de <https://journals.openedition.org/terrabrasilis/1027?lang=en>
- Raffo, L., Castro, J. A. & Díaz, E. A. (2016). Los efectos globo en los cultivos de coca en la Región Andina (1990-2009) *Apuntes del CENES*, 35(61), 207-236. Recuperado de [www.scielo.org.co/pdf/cenes/v35n61/v35n61a08.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/cenes/v35n61/v35n61a08.pdf)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación- SAGARPA. (2012). *Subíndice de Uso Sustentable del Suelo*. Recuperado de [https://www.fao-evaluacion.org.mx/rn/ind\\_fin/](https://www.fao-evaluacion.org.mx/rn/ind_fin/)



suelos/Documento\_metodologico\_suelos.pdf

Silva, R. & Fernandes, C. (2014). Soil uses during the sugarcane fallow period: influence on soil chemical and physical properties and on sugarcane productivity. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 38(2), 575-584. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200022>

Tofiño, R., Carbone, M. R., Melo, R. A. & Merini, L. J. (2019). Efecto del glifosato sobre la microbiota,

calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia. *Rev Argent Microbiol.* <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.01.006>

Verhulst, N., François, I. & Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QY2016100045>