

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 3 - Número 5
Julio – Diciembre 2021
Bogotá – Colombia

Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón, Huánuco – Perú

DOI: <https://doi.org/10.38186/difcie.35.02>

Carlos Panaifo-Gómez*
Manuel Ñique-Álvarez**
José Levano-Crisóstomo***

RESUMEN

El estudio se desarrolló con el objetivo de evaluar la calidad y uso sustentable del suelo de un sistema agroforestal (SAF) y un ex cocal (suelo abandonado muy ácido). Para determinar el efecto de ambos sistemas de uso sobre la calidad de suelo en el Valle del Monzón (Huánuco-Perú) se calcularon los indicadores físicos y químicos tales como: la textura, densidad aparente, conductividad eléctrica, pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, calcio y magnesio intercambiable y capacidad de intercambio catiónico. Según el Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS), el suelo de SAF presentó una calidad de “bueno” y el suelo del ex cocal “calidad marginal”. Y además el suelo del SAF presenta mejor calidad que el ex cocal y con condiciones favorables para llevar una buena actividad agrícola.

PALABRAS CLAVE: suelos; recursos de suelos; tipos de suelos; agroforestal.

* Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María- Perú. Email: panaifogomezce@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3758-2177>

** Universidad Nacional de Cañete, Lima-Perú. Email: maniqueal@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2922-4342>

*** Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María- Perú. Email: joselevano@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8102-9897>

Recibido: 01/02/2021

Aceptado: 26/03/2021

Quality and sustainable use of land in the Monzón Valley, Huánuco-Peru

ABSTRACT

The study was developed with the objective of evaluating the quality and sustainable use of the soil of an agroforestry system (SAF) and a former coca cultivation. (very acidic abandoned soil). To determine the effect of both systems of use on the quality of soil in the Monzón valley (Huánuco-Peru) physical and chemical indicators such as: texture, bulk density, electrical conductivity, pH, organic matter total nitrogen, available phosphorus, calcium and interchangeable magnesium and cation exchange capacity were calculated. According to the Sustainable Land Use Sub-index (SUSS in Spanish language), SAF soil presented a "good" quality and the former coca soil "marginal quality". In addition, the soil of the SAF has better quality than the former coca and with favorable conditions for good agricultural activity.

KEYWORDS: soils; soil resources; soil types; agroforestry.

Introducción

El valle del Monzón (Huánuco) es un territorio que por varias décadas se dedicó fundamentalmente al cultivo de coca ilícita. Esto lo llevó a consagrarse por varios años como el principal centro de producción de esta materia (Grillo, 2019), y para el 2013 el valle albergaba el 83% del total de hectáreas cultivadas en esta cuenca, y el 16% del total cultivado a nivel nacional (DEVIDA, 2015).

Posteriormente en diversas áreas del distrito de Monzón, por necesidad social o acción gubernamental, algunas plantaciones de coca (*Erythroxylum coca* L.) fueron erradicadas y reemplazados por sistemas agroforestales, que consisten en el manejo asociado de especies forestales y agropecuarias en una misma parcela en el espacio y en el tiempo (DS N° 020-2015-MINAGRI, 2015); o en otro caso estas plantaciones de coca fueron abandonados, constituyendo los denominados "ex cicales", los que se caracterizan por tener suelos degradados (pérdida de material superficial y nutrientes y modificación de su estructura) (Solsol, 2018). En la ceja de selva y selva alta esta degradación se ve incrementada por la naturaleza climática (alta pluviosidad) y topográfica (excesiva pendiente), factores que facilitan el proceso de erosión, además los residuos de toda la gama de biocidas utilizados en la máxima dosis posible, terminan

inexorablemente en los cursos de agua, absorbidos a las partículas del suelo y en las cadenas tróficas (Urrelo, s.f.).

Conforme lo indica Chuquichaico (2016), el incremento de la actividad cocalera no solo implica disminución de la capacidad productiva del suelo, sino el desequilibrio de todo un conjunto de ecosistemas que funcionaban armónica y eficientemente en la naturaleza, con consecuencias graves, como la pérdida de los servicios ambientales o ecosistémicos de provisión de bienes (agua, alimento, madera,) y regulación (clima, erosión, riesgos,); que producirán sequías prolongadas y su posterior desertificación de la zona intervenida.

En ese sentido, al ser el suelo es un recurso finito, su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de una vida humana (FAO, 2015) y es importante conocer su calidad como medida para su conservación (Jiménez y González, 2006). CORTALC (1996) refiere que la calidad del suelo es la capacidad de este para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o tratado para sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire, y sustentar la salud humana y su morada.

La calidad del suelo no puede medirse directamente, toma valor sin embargo como concepto que engloba el examen e integración de relaciones y funciones entre varios parámetros biológicos, químicos y físicos que son medidos e integrados para un sistema agrícola y medioambiental sostenible (Karlen et al., 1997). Por lo tanto, resulta indispensable la selección y uso de un indicador de calidad que proporcione información sobre los cambios generados en las propiedades edáficas como consecuencia del uso y manejo (Vallejo, 2013); por lo que, para tener un referente integral del deterioro del suelo, se recurrió a un método multidimensional denominado Subíndice del Uso Sustentable del Suelo (SAGARPA, 2012) que genera un subíndice por cada sistema de uso del suelo, lo que permite hacer una comparación entre el suelo del ex cocal y el suelo del sistema agroforestal. En ese sentido, se planteó como objetivo determinar la calidad y el uso sustentable del suelo en dos sistemas de uso en el valle cocalero del Monzón.

1. Materiales y métodos

El estudio comprendió la comparación de dos sistemas de uso del suelo en el centro poblado rural Cuyaco (Figura 1), ubicado en el distrito de Monzón. Los detalles se muestran en la Tabla1.

Tabla 1. Ubicación política y detalles geográficos de las áreas de estudio

UBICACIÓN POLÍTICA			
Distrito: Monzón	Provincia: Huamalíes		Departamento: Huánuco
SISTEMAS DE USO DEL SUELO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
Sistema agroforestal (SAF)	355609	8975993	1015
Ex cocal	355299	8976106	1068

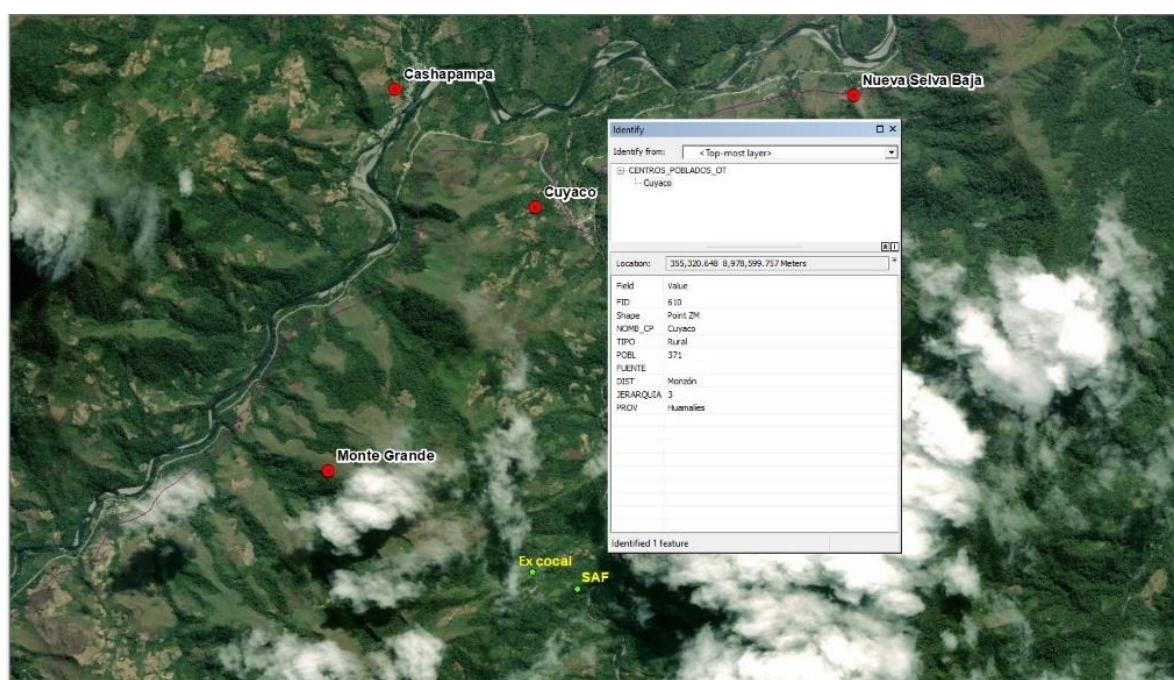


Figura 1. Ubicación del Sistema Agroforestal y el ex cocal en el Valle de Monzón. Fuente: Google (s.f).

El sistema agroforestal (SAF) se caracteriza por suelos que tienen una cobertura vegetal conformado por plantas cultivadas y especies forestales. Y el ex cocal tiene suelos muy ácidos y abandonados luego del intensivo cultivo de coca, y cuya cobertura actual está compuesta principalmente por plantas indicadoras de la acidez como la Macorilla y Rabo de zorro, los que se muestran en la Tabla 2 y las Figuras 2 y 3.

La zona de estudio tiene temperatura promedio anual de 25.5°C, alta pluviosidad (3,100 mm/año), y la zona de vida es bosque húmedo-tropical (Ministerio Agricultura, 1995).

Tabla 2. Principales especies de las áreas de estudio

TIPO DE SISTEMA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR
Sistema agroforestal	<i>Coffea arabica</i> L.	Café
	<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja
	<i>Magnifera indica</i> L.	Mango
	<i>Inga edulis</i> Mart	Guaba
	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Pino chuncho
Ex cocal	<i>Erythroxylum coca</i> Lam	Coca
	<i>Andropogon</i> sp.	Rabo de zorro
	<i>Pteridum</i> sp.	Macorilla



Figura 2. Sistema Agroforestal



Figura 3. Ex cocal

1.1. Métodos

1.1.1. Muestreo del suelo

El muestreo del suelo fue al azar, considerando el método de muestras compuestas en una parcela de 25 x 20 m, en un trayecto en zig-zag en el SAF y en el ex cocal, método adaptado de Schweizer (2010); para ello se utilizó un tubo muestreador

para retirar cada submuestra del suelo (profundidad de 30 cm), para luego ser mezcladas en un recipiente para su homogenización y con ello hacer 1 kg de muestra.

1.1.2. Determinación de los indicadores físicos y químicos

Los análisis físicos y químicos se efectuaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Para determinar los indicadores físicos se utilizó la metodología recomendado por USDA (1999), y los químicos mediante la metodología de análisis recomendado por Bazán (1996) y Julca-Otiniano et al.(2006), los que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Métodos para determinar los indicadores de la calidad del suelo

Indicadores		Método
Físicos	Textura del suelo	Hidrómetro de Bouyoucos
	Densidad aparente (DA)	Volumen, peso húmedo y seco
Químicos	Materia orgánica (MO)	Walkley y Black
	Conductividad eléctrica (CE)	Uso del conductímetro
	pH	Ensayo de pH del suelo
	Fósforo disponible	Olsen modificado
	Magnesio intercambiable	Acetato de amonio
	Calcio intercambiable	Acetato de amonio
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Acetato de amonio
	Nitrógeno total	% de la MO (Julca-Otiniano et al.,2006)

1.2. Determinación del uso sustentable del suelo

Se aplicó el Subíndice de Uso Sustentable del Suelo (SUSS) que utiliza indicadores físicos y químicos relativos a la calidad del suelo, en base al promedio equiproporcional de sus valores normalizados (los valores medidos en diferentes escalas son convertidos a una escala común) de cada indicador del suelo (SAGARPA, 2012). Para ello se realizó el siguiente procedimiento y se utilizaron las siguientes fórmulas:

1° Para la normalización (Rn_j) de los indicadores, se usó la siguiente fórmula:

$$Rn_j = 1 - \left(\frac{Vr_j - d_j}{c_j - d_j} \right)$$

Rn : resultado normalizado; Vr : valor real de cada indicador físico y químico; d : valor deseable del indicador; c : valor de corte del indicador; y j : cada muestra de suelo.

Para el cálculo de Rn se utilizaron valores reales de cada indicador, y los valores deseados y valores de corte, que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores deseables y valores de corte utilizados en la normalización de los indicadores implicados en el SUSS.

Indicador	Rango o valor deseable (d)	Valor de corte (c)
Densidad aparente (DA)	< 1.1	1.47
Materia orgánica (M.O.)	> 5	0.5
Conductividad eléctrica (CE)	< 1	4.1
pH	6 - 7	5 < pH > 8.5
Fósforo disponible	> 5.5	0
Magnesio intercambiable	> 0.3	0
Calcio intercambiable	> 5	0
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	> 15	5
Nitrógeno total	> 0.2	0.05

*Intercambiable

Fuente: SAGARPA (2012)

2° Determinación del valor de los indicadores normalizados (P):

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m Rn_j}{m}$$

3° Estimación del valor del de uso sustentable del suelo (SUSS):

$$SUSS = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

P : promedio del valor de los indicadores normalizados; i : valor cada indicador analizado; n : número total de indicadores analizados; Rn : valor resultante del indicador normalizado; m : número de muestras de suelo analizadas; y j : cada muestra de suelo.

Y para calificar la calidad de suelo, según valores normalizados obtenidos, se usaron los rangos interpretativos indicados en la Tabla 5.

Tabla 5. Rangos interpretativos del SUSS.

CALIDAD DEL SUELO	DESCRIPCIÓN
Bueno ($0.95 < \text{SUSS} \leq 1.0$)	Las condiciones de la calidad del suelo son las deseables para llevar a cabo la actividad agrícola.
Aceptable ($0.80 < \text{SUSS} \leq 0.95$)	La calidad del suelo está cercana a las condiciones deseables. Las variables analizadas poco se alejan de los valores adecuados.
Sensible ($0.65 < \text{SUSS} \leq 0.80$)	Los parámetros medidos ocasionalmente se alejan de los valores óptimos.
Marginal ($0.45 < \text{SUSS} \leq 0.65$)	Los indicadores de calidad son distantes de los valores deseables.
Pobre ($0 < \text{SUSS} \leq 0.45$)	La calidad de suelos para fines agrícolas se encuentra amenazada o afectada. Los indicadores se alejan completamente de los niveles deseables.

Fuente: SAGARPA (2012)

2. Resultados y discusión

2.1. Indicadores físicos

Las características físicas del suelo son muy necesarias en la evaluación de la calidad de este recurso natural (García et al., 2012) y están muy estrechamente relacionadas con los usos que el hombre les da; el uso se refleja en la textura, la cual según ICAFE (1998) depende de la proporción relativa de arena, limo, arcilla y materia orgánica. De acuerdo con los valores de la textura del suelo de los sistemas en estudio (Tabla 6), el suelo del SAF es clasificado como franco, y del ex cocal como franco arcilloso arenoso; teniendo en cuenta a Peralta (1995), la textura del tipo franco corresponde a la mejor textura, porque tiene proporciones adecuadas de arena, limo y arcilla; el suelo del SAF tiene las proporciones que le permite tener una buena textura.

En relación a la DA del suelo de ambos sistemas estudiados, en la Tabla 6 se aprecia que el suelo del ex cocal muestra un mayor valor (1.65 g/cm^3) en comparación del suelo del SAF (1.30 g/cm^3). En ese sentido, USDA (1999) señala que cuando la densidad es mayor, el espacio poroso es menor, lo que afecta negativamente el movimiento del agua, desarrollo y penetración de raíces, y el crecimiento de plántulas. Esto se debe a la constante labranza que fue sometido el suelo del ex cocal y al no poseer cobertura, la precipitación afecta las condiciones físicas del suelo. Asimismo, Donoso (1992) menciona que los valores bajos de la DA son específicos de suelos

porosos, adecuadamente aireados, con buen drenaje y suficiente penetración de raíces, lo que permite un buen crecimiento de las raíces. Los valores altos de la DA son propios de suelos compactos y pobremente porosos.

Tabla 6. Indicadores físicos del suelo

Tipo	ANÁLISIS MECÁNICO				DA g/cm ³
	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	
Sistema agroforestal	41.68	17.04	41.28	Franco	1.30
Ex cocal	53.68	31.04	15.28	Franco arcilloso arenoso	1.65

2.2. Indicadores químicos

Tabla 7. Indicadores químicos del suelo según sistema de uso del suelo

Sistema de uso del suelo	pH	P disponible	M.O.	N total	Ca*	Mg*	CIC	CE
		mg/kg	%	%	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	dS/m
SAF	5.65	16.82	3.60	0.16	3.90	0.58	4.70	1.69
Ex Cocal	4.15	3.45	2.15	0.10	1.94	0.60	5.38	1.44

*Intercambiable

Según SAGARPA (2012), el suelo del SAF, que presenta un pH 5.65, es “moderadamente ácido”; y el suelo del ex cocal (4.15) es “fuertemente ácido”. Así, en la mayoría de los suelos de la localidad existe una tendencia a la disminución del pH debido a las constantes precipitaciones, además de realizarse constantes trabajos de labranza, que muchas veces son afectadas por la temperatura del lugar. Esta situación también ha

sido reportada por otros investigadores (USDA, 1999), cuando refieren que existen variables sustanciales que alteran el pH del suelo, tales como temperatura y precipitaciones, que controlan la eficacia del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. Así mismo, Millar et al. (1982) señalan que la acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta; esto es concordante, ya que en la localidad la precipitación es 3,100 mm/anuales.

Respecto a los valores del fósforo disponible del suelo del SAF y del ex cocal, según la Tabla 7 son 16.82 mg/kg y 3.45 mg/kg, respectivamente. Y según los rangos interpretativos de SAGARPA (2012), el valor del fósforo disponible el suelo del SAF es de “nivel alto” y el ex cocal de “nivel bajo”. Estos valores tienen relación con lo mencionado por Sánchez (1981), quien señala que en muchos de los suelos en las regiones tropicales, existe un nivel muy bajo de fósforo aprovechable; también podemos mencionar, que este nivel muy bajo se debe a diferentes factores de pérdidas; tal como se refiere Cross y Schlesinger (1995), los principales procesos que disminuyen el fósforo del suelo son: absorción por la planta (5 a 60 kg/ha año en la biomasa cosechada), erosión de las partículas de suelo que arrastran fósforo (0.1 a 10 kg/ha año en partículas minerales y orgánicas), y por escurrimiento superficial del fósforo disuelto en el agua de (0.01 a 3 kg/ha año).

La materia orgánica (M.O.) indicada en la Tabla 7 presenta un valor de 3.60% para el suelo del SAF y 2.15% para el suelo del ex cocal. En ese sentido, siguiendo a SAGARPA (2012), la M.O. del suelo del SAF es “nivel alto” y en el ex cocal es de “nivel medio”; esto debido a que en el suelo del SAF existe presencia de restos orgánicos vegetal y animal, a diferencia del ex cocal que es casi sin vegetación. Esto concuerda con lo mencionado por Bornemisza (1982), quien indica que la M.O. del suelo compone la porción orgánica que comprende los restos vegetales y animales en diferentes estados de desintegración, biomasa de la biota del suelo y sus sustancias desechos. Además, la M.O. incrementa la nutrición en fósforo y es posible incentivar el crecimiento de microorganismos que actúan sobre los fosfatos; del mismo modo la mayor constituyente del nitrógeno acumulado en el suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto, el acervo de M.O. influye en la reserva de nitrógeno (Navarro et al., 1995).

El nitrógeno total presenta valores de 0.16 % para el suelo del SAF y 0.10 % para el suelo del ex cocal, y según SAGARPA (2012) el SAF tiene un “nivel alto” y “nivel medio”

para el ex cocal. Los valores obtenidos se deben en gran parte a la materia orgánica presente en el suelo, y que además una cantidad de N presente en la materia orgánica se transformará en nitrógeno disponible y estará condicionada por factores ambientales. Esto concuerda con lo mencionado por Rutherford et al. (2007) quienes indican que la mayor cantidad de nitrógeno en el suelo está comprendida por materia orgánica, y únicamente cerca del 2-3% por año del nitrógeno incluido en materia orgánica se convierte en nitrógeno disponible para las plantas, en una transformación denominada “mineralización”; y que a su vez está influenciada por la temperatura, humedad, aireación y pH del suelo. Además, que el nivel medio del ex cocal se debe a una pérdida de este elemento, y tal como lo mencionan Binkley y Vitousek (1989) el nitrógeno puede perderse por desnitrificación, erosión del suelo, lixiviado y volatilización.

En cuanto a los valores calcio intercambiable, al suelo del SAF le corresponde $3.90 \text{ Cmol}^{(+)}\text{/kg}$ y al ex cocal $1.94 \text{ Cmol}^{(+)}\text{/kg}$ (Tabla 7); y según SAGARPA (2012) les corresponde la clase “nivel bajo” y “muy bajo” respectivamente. Y respecto al magnesio intercambiable, el suelo del SAF le corresponde $0.58 \text{ Cmol}^{(+)}\text{/kg}$ y al del ex cocal $0.60 \text{ Cmol}^{(+)}\text{/kg}$ (Tabla 7), lo que los califica a ambos suelos con “nivel bajo”. Esto se debe a factores ambientales, al tipo de textura, tal como lo menciona Barber (1995) quien sostiene que la cantidad Ca^{2+} depende del material parental, nivel de meteorización y la colocación de enmiendas. Con relación al tipo de textura esto coincide con Havlin et al. (1999) quienes manifiestan que por norma habitual los suelos de textura gruesa y aquellos que se ubican en regiones húmedas, formados a partir de rocas pobres en minerales de Ca tienen bajos niveles de Ca^{2+} . En contraste, los suelos de textura fina, formados a partir de rocas que son ricas en este elemento, contienen mayor cantidad de Ca total y Ca^{2+} intercambiable y que también registran valores bajos (0.1%) para suelos de textura gruesa en regiones húmedas; y valores altos (4%) para suelos con texturas finas y zonas áridas o semiáridas formados a partir de materiales parentales ricos en Mg^{2+} .

Con respecto CIC, según SAGARPA (2012), el suelo de SAF presentan un nivel “muy bajo” mientras que el suelo del ex cocal tiene un nivel “bajo” de CIC. Respecto a ello, se puede decir que ex cocal presenta mayor CIC debido a la influencia de la mayor proporción de arcilla que presenta en comparación del SAF. En tal sentido, esto concuerda con lo mencionado por Bornemisza (1982), quien señala que la CIC es

dependiente de la textura del suelo y de la cantidad de M.O.; así, a más arcilla y materia orgánica en el suelo, la CIC es mayor.

Respecto al indicador CE, para el suelo del SAF fue de 1.69 dS/m y 1.44 dS/m para el suelo del ex cocal, valores que según USDA (1999), son suelos “muy ligeramente salinos”. Así mismo, estos valores pueden verse afectados por diferentes factores ambientales; esto coincide con lo indicado por Santibáñez (s.f.), quien manifiesta que la acumulación de sales solubles en el suelo se asigna especialmente a inconvenientes del drenaje, riegos continuados, evaporación y sequía.

2.3. Sustentabilidad del uso de suelo

La sustentabilidad del uso de suelo fue calculada mediante el SUSS en base a los valores de los indicadores normalizados que se muestran en la Figura 4; es mayor para el suelo del SAF, con un valor de 0.98, correspondiéndole la calidad “Bueno”; mientras que el suelo del ex cocal resultó menor (0.64), con una calidad “Marginal” (SAGARPA, 2012) conforme se aprecia en la Figura 5; asimismo para SAF se debe considerar los componentes agroforestales y las buenas prácticas de manejo agrícola que desarrollan los agricultores. Además, esto coincide con Lal (1996) quien estableció los efectos de la deforestación, la labranza de “post desmonte” y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo, durante el periodo 1978 a 1987 en sur oeste nigeriano, y cuyos resultados revelaron que la deforestación y los cambios en el uso del suelo producen fuertes cambios en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido considerablemente propicios antes de la tala del bosque.

Del mismo modo Chavarría et al. (2012) calcularon un índice de calidad de suelo aditivo (ICSA), el cual fue mayor en el sistema bosque. Con respecto al suelo del ex cocal en Cuyaco, este quedó afectado por la constante labranza que sufrió por varios años y la utilización de productos químicos tóxicos que afectaron las propiedades del suelo; así mismo, se vio afectado por los factores ambientales entre ellos la alta precipitación, lo cual causó el lavado de los nutrientes, la acidificación del suelo, entre otros, lo que coincide con lo que indicado por Urrelo (s.f.).

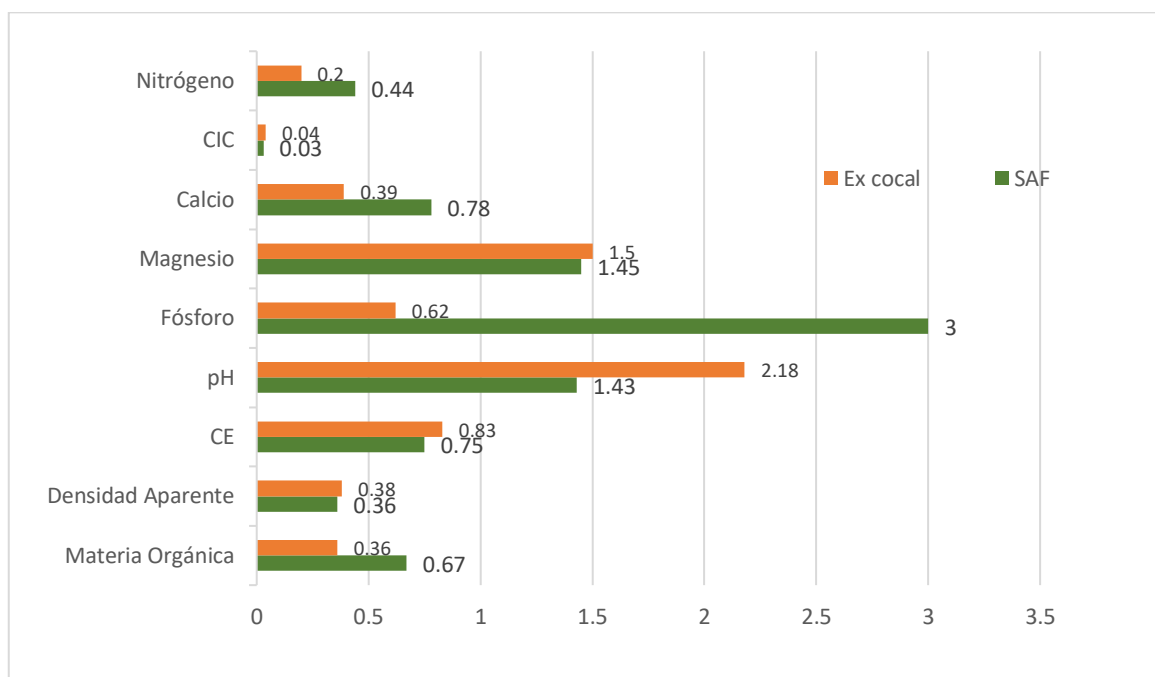


Figura 4. Indicadores físicos y químicos normalizados (Rn) para la estimación del valor del de uso sustentable del suelo del SAF y ex cocal.

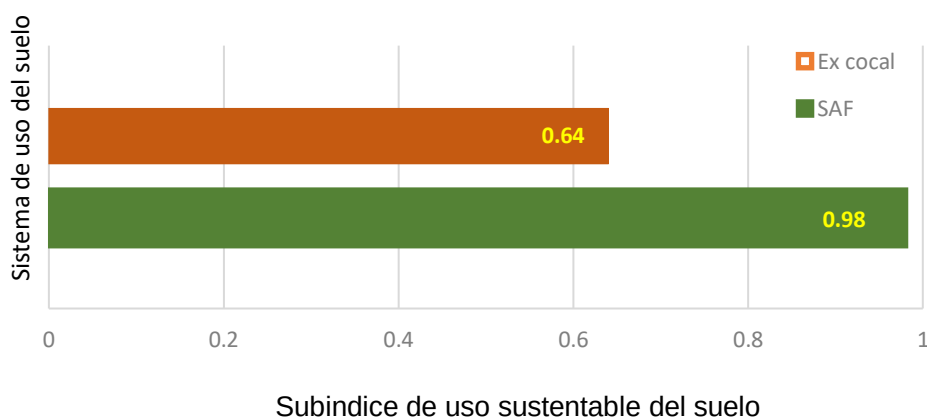


Figura 5. Sustentabilidad del uso de suelo.

Conclusiones

- El suelo del sistema agroforestal tiene una textura y densidad aparente ideal.
- En ambos sistemas de uso de suelo la conductividad eléctrica y el magnesio intercambiable son similares cualitativamente.

C. Panaifo-Gómez et al. // Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón ... 9-24

- La materia orgánica, fósforo disponible y nitrógeno total del SAF tienen un nivel alto.
- El pH del suelo del ex cocal es ácido y el calcio intercambiable muy bajo; mientras que CIC del SAF es muy bajo.
- El sistema agroforestal de Cuyaco tiene mejor calidad del suelo y su uso es sustentable.

Referencias

Barber, S.A. (1995). *Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach*. John Wiley y Sons.

Bazán, R. (1996). *Manual para el análisis químico de suelos, aguas y plantas*. Universidad Nacional Agraria la Molina. Fundación para el Desarrollo Agrario.

Binkley, D. y Vitousek, P. (1989). *Soil nutrient availability*. In: R. W. Pearcy, J. R. Ehleringer, H. A. Mooney, and P. W. Rundel (eds.). *Plant physiological ecology. Field methods and instrumentation*. Chapman and Hall.

Bornemisza, E. (1982). *Introducción a la Química de Suelos*. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos.

Chavarría, N., Tapia, A., Soto, G. y Virginio, E. (2012). Efecto de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo, en fincas cafetaleras de la zona de Turrialba y Orosi. *Revista InterSedes*, 13(26), 85-105.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/2991>

Chuquichaico, L. (2016). *Impacto de la reforestación en la recuperación de los suelos degradados en la microcuenca del río Monzón - región Huánuco*. [Tesis de doctorado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio Institucional <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1071>

Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA). (2015). *Recuperando el Monzón*. Lima: Observatorio Peruano de Drogas. <https://www.devida.gob.pe/documents/20182/96750/MONZON-LIBRO.pdf/48402eed-0e54-471a-a536-c50a20eca68e>

Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina y el Caribe (CORTALC). (1996). *Un Programa de acción especial*. Brazil.

Cross, A. y Schlesinger, W. (1995). A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64(3 - 4), 197-214. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(94\)00023-4](https://doi.org/10.1016/0016-7061(94)00023-4)

Decreto Supremo N° 020-2015-MINAGRI (2015, 30 de setiembre) Decreto supremo que aprueba el reglamento para la gestión de las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales. El Peruano-Normas legales separata especial, 30 de setiembre 2015. pp 562608 – 562632. <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/reglamento-para-la-gestion-forestal-reglamento-para-la-gest-decreto-supremo-ns-018-al-021-2015-minagri-1293975-1>

Donoso, C. (1992). *Ecología forestal*. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile.

FAO. (2015). *El suelo es un recurso no renovable. Su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y nuestro futuro sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/278964/>

García, Y, Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001

Google. (s.f.). [Mapa de Monzón en Google maps]. Recuperado el 14 de octubre, 2020, de: <https://www.google.com/maps/@-9.355609,-76.2894962,22601m/data=!3m1!1e3>

Grillo, L. (2019). *Después de la coca: Iniciativas estatales en materia de lucha contra las drogas y estrategias de vida en el valle del Monzón*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14227>

Havlin, L., Beaton, J., Tisdale, S. y Nelson, W. (1999). *Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management*. (6ta. ed.). Pearson.

ICAFE. (1998). *Manual de recomendaciones para el cultivo de café*. Instituto del Café de Costa Rica.

Jiménez, R. y González, V. (2006). La calidad de suelos como medida para su conservación. *Edafología*, 13 (3), 125-138. <http://edafologia.ugr.es/revista/tomo13c/articulo125.pdf>

Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>

Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R. y Schuman, G. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4 - 10. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>

Lal, R. (1996). Deforestation and land - use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. III. Runoff, soil erosion and nutrient loss. *Land Degradation & Development*, 7(2), 99-119. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199606\)7:2%3C99::AID-LDR220%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199606)7:2%3C99::AID-LDR220%3E3.0.CO;2-F)

C. Panaifo-Gómez et al. // Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón ... 9-24

Millar, C.E., Turk L.M. y Foth H.D. (1982). *Fundamentos de la Ciencia del Suelo*. C.E.C.S.A.

Ministerio de Agricultura. (1995). *Mapa Ecológico del Perú, Guía explicativa*. Ministerio de Agricultura-INRENA.

Navarro, J., Moral, H., Gómez, L. y Mataix, B. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones.

Peralta, M. (1995). *Guía N° 2 de Edafología*, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Dpto. de Silvicultura.

Rutherford, M., McGill, J., Arocena, M. y Figueiredo, C. (2007). Total nitrogen. En: M. R. Carter y E. G. Gregorich, (eds.). *Soil sampling and method of analysis*. CRC Press.

Sánchez, P. (1981). *Suelos del trópico. Características y manejo*. (E. Camacho, Trad.). IICA.

Santibáñez, C. (s.f.). Módulo 1.1: *Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo*. Universidad de Chile.
http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.1.htm#:~:text=La%20acumulaci%C3%B3n%20de%20sales%20solubles,se%20le%20denomina%20suelo%20salino.

Schweizer, S. (2010). *Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad*. San José. CR. : INTA/MAG <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2012). *Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo*. FAO y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México.

Solsol, E. (2018). *La recuperación de suelos degradados ex cicales por procesos naturales en periodos de abandono de 5, 10, 15, 20 años en el distrito de Mariano Dámaso Beraun-2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] RIDUNAS.
http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1468/SRE_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Urrelo, R. (s.f.). *Desarrollo agroecológico para la región andino-amazónica peruana afectada por cultivos ilícitos*
<http://www4.congreso.gob.pe/congresista/1995/rurrelo/agroeco.htm>

USDA. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica
(https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)

Vallejo, V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*, 16(1), 83-99. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06>