



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022
ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Aplicación de un índice multiparamétrico de calidad de suelos forestales (SQI) para evaluar el impacto de la carga ganadera

ANDRÉS ABELLÁN, M.¹, PICAZO CÓRDOBA, M.I.¹, WIC BAENA, C.¹, GARCÍA MOROTE, F.A.¹, GARCÍA SAUCEDO, F.¹, RUBIO CABALLERO, E.² MORENO ORTEGO, J.L.³ Y LÓPEZ SERRANO, R.¹

¹ Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética. Universidad de Castilla La Mancha. E.T.S.I.A.M, Albacete.

² Departamento de Física Aplicada. Universidad de Castilla La Mancha. E.T.S.I.I., Albacete.

³ Departamento de Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos. C.E.B.A.S-C.S.I.C., Murcia.

Resumen

En los montes de la Serranía de Cuenca, además de los aprovechamientos forestales, el pastoreo de ganado vacuno y ovino es una actividad tradicional. Diversos estudios ponen de manifiesto el impacto del uso ganadero en ecosistemas forestales, y en especial en la calidad del suelo, por la eliminación de forraje, la defecación y el pisoteo, principalmente.

Se aplica un índice multiparamétrico de calidad de suelo (SQI) desarrollado con suelos forestales naturales, para evaluar el efecto del ganado ovino en el suelo, en el Monte UP 133 “Ensanche de las Majadas” (Serranía de Cuenca). Para ello se han comparado zonas control sin carga ganadera – salvo la fauna salvaje de ungulados- (seleccionadas en monte bravo, con edad ≤ 30 años; en latizal, con edad entre 30 y 60 años; y en fustal, de edad ≥ 60 años), con zonas pastoreadas con distinta intensidad: i) de paso permanente de ganado (tinada no activa desde hace 2-3 años y tinada activa); y ii) de paso intermitente de ganado (bajo suelo desnudo, bajo cubierta de pino y bajo matorral). Los parámetros implicados en el SQI medidos en las diferentes zonas, ponen de manifiesto cambios significativos en la calidad del suelo.

Palabras clave

Pastoreo, impactos en suelos.

1. Introducción

La fuente de riqueza tradicional de la Serranía de Cuenca procede entre otras de la ganadería, especialmente ovina. A pesar de la paulatina disminución de la ganadería trashumante y de los grandes rebaños, en los pueblos serranos todavía se mantienen pequeños y medianos ganaderos que alternan el pastoreo con las faenas agrícolas (Vicente Legazpi, 2000).

La actividad ganadera prolongada en el tiempo ocasiona un impacto ambiental nocivo para el suelo, alterando sus propiedades físico-químicas y biológicas, acelerando su degradación (Gerber *et al.*, 2013). La remoción del forraje y defoliación de especies vegetales por el ganado, así como la deposición de orina y excrementos, alteran la disponibilidad de macro y micronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y carbono) (Basso *et al.*, 2009), introduciendo cambios en la fertilidad de los suelos (Vargas *et al.*, 2003). Además, el tránsito y pisoteo del ganado compacta el suelo modificando su estructura y permeabilidad hídrica (Jordan *et al.*, 2003).

Una forma de evaluar estos impactos es mediante la aplicación de índices multiparamétricos de calidad de suelos (Zornoza *et al.*, 2008; Andrés *et al.*, 2019), definidos como el conjunto mínimo de parámetros (físicos, químicos y biológicos) que, interrelacionados, proporcionan datos numéricos sobre la capacidad de un suelo para llevar a cabo sus funciones (Bastida *et al.*, 2008). Un buen índice de calidad de suelo debe ser sensible a las perturbaciones y ser capaz de detectar el desequilibrio producido entre las propiedades edáficas (Zornoza *et al.*, 2015).

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo ha sido validar la sensibilidad de un índice de calidad de suelo (SQI) obtenido en estudios previos a partir de suelos forestales naturales que no han sufrido alteraciones en los últimos 20 años, situados en Montes de la Serranía de Cuenca (Andrés *et al.*, 2019), y establecer rangos de calidad de suelos en zonas forestales sometidas a distinta intensidad de carga ganadera.

3. Metodología

La zona de estudio se sitúa en el monte de Utilidad Pública nº 133 “Ensanche de las Majadas”, enclavado en el parque natural de la Serranía de Cuenca. Con una altitud media de 1440m, clima de tipo continental mediterráneo (precipitación media anual de 647 mm y temperatura media anual de 10,1°C) y suelos Inceptisoles (Soil Taxonomy). La vegetación predominante la constituyen masas de coníferas monoespecíficas de *Pinus nigra* Arn ssp. *salzmannii* (pino laricio) o en mezcla con frondosas y matorrales (Figura 1).

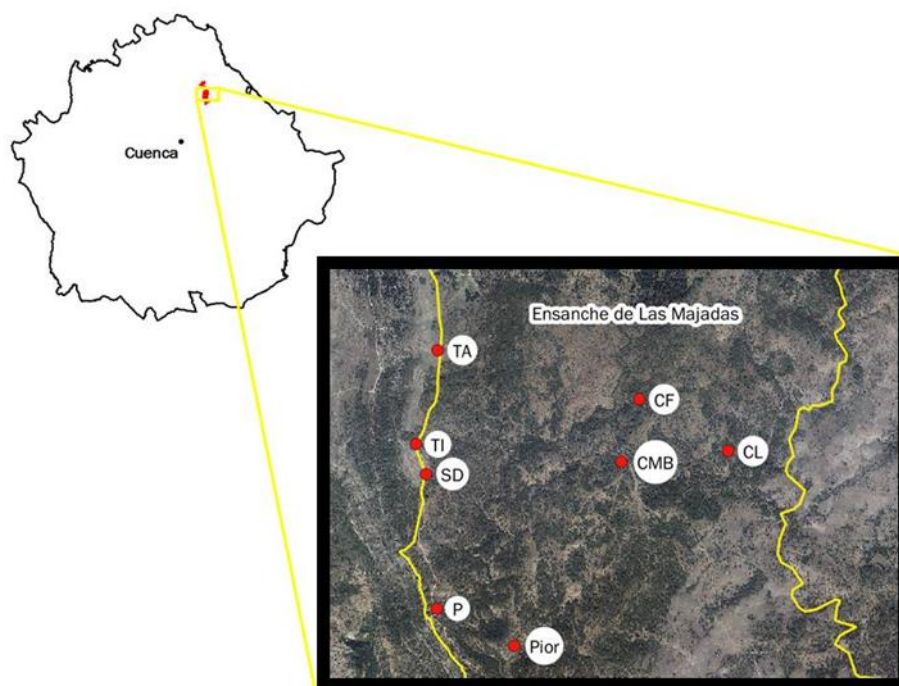


Figura 1. Zona de estudio. Monte Ensanche de las Majadas (Serranía de Cuenca).

Se comparan zonas control sin carga ganadera (salvo la fauna salvaje de ungulados), con zonas pastoreadas con distinta intensidad. En las zonas control se fijaron tres parcelas (de 10 x 10 m cada una, con n=2 réplicas por sitio) en rodales de pino laricio atendiendo a tres edades de envejecimiento; 1) monte bravo con edad ≤ 30 años (CMB); 2) latizal, con edad entre 30 y 60 años (CL) y 3) fustal, de edad ≥ 60 años (CF). En las zonas pastoreadas se han fijado cinco parcelas (de 10 x 10m cada una, con n=3 réplicas por sitio): dos parcelas en rodales con actividad ganadera permanente (Tinada activa, TA y Tinada inactiva, TI) y tres parcelas en rodales con actividad ganadera intermitente (sin cubierta vegetal o suelo desnudo, SD; con influencia de matorral o

Piornal, Pior; y Pinar, P). El total de datos analizados ha sido n=168 (21 muestras x 2 réplicas de laboratorio x 4 estaciones).

Los parámetros físico-químicos, microbiológicos y enzimáticos de suelo analizados han sido: humedad gravimétrica (H), pH, carbono orgánico total (CT) (Walkley-Black, 1934), carbono de la biomasa microbiana (CB) (Vance *et al.*, 1987); fosfatasa alcalina (F) y β -glucosidasa (BG) (Tabatabai, 1982).

Todos estos parámetros se integran en un índice de calidad de suelo (SQI) (Andrés *et al.*, 2019) elaborado previamente a partir de suelos naturales (no alterados los últimos 20 años), de diferentes Montes de la Serranía de Cuenca, incluido el monte objeto del estudio. El SQI se ha obtenido mediante la función polinómica expresada en la Ecuación (1):

$$\text{SQI} = 0.576 \cdot \left[0.489 \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{1308 - 16.31}{\text{CB} - 16.31} \right)^2} \right) + 0.459 \cdot \left(e^{-\left(\frac{H - 39}{2 \times 11.2^2} \right)} \right) + 0.445 \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{50 - 19.61}{\text{CT} - 19.61} \right)^2} \right) \right] + 0.228 \cdot \left[-0.602 \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{121.9}{F} \right)^{1.7}} \right) + 0.510 \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{197.2}{\beta\text{G}} \right)^{1.7}} \right) \right] + 0.196 \cdot \left[0.831 \cdot \left(e^{-\left(\frac{\text{pH} - 6}{2 \times 0.59^2} \right)} \right) \right] \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para validar la sensibilidad del índice se hace un análisis de varianza (GLM) con los valores del SQI aplicado a las diferentes zonas de estudio, analizando la influencia en el suelo de la intensidad ganadera. Se ha aplicado el método de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD) (intervalo de confianza del 95%), y con $P < 0,05$, en los casos en los que se ha obtenido un valor de F significativo. Mediante análisis de componentes principales (ACP) se ha obtenido el diagrama de dispersión de las parcelas muestreadas en función del SQI. El software utilizado para el análisis estadístico fue Statgraphics versión centurión XVI.

4. Resultados

El análisis de varianza muestra efectos significativos en la calidad del suelo SQI, para las diferentes zonas sometidas a distinta carga ganadera (Tabla 1). Se han tenido en cuenta también otros factores como la estación del año y la interacción entre ambos (intensidad ganadera por zona, Zi y estación, E), debido a la posible influencia del carácter itinerante de la actividad ganadera. Las zonas de mayor SQI se corresponden con zonas control (CF= 0.424 ± 0.019) y las de menor con zonas de suelo desnudo, con carga ganadera intermitente (SD= 0.188 ± 0.016) (Figura 2).

Tabla 1. Modelo lineal general. Resultados del ANOVA factorial, sobre la variable SQI de muestras estudiadas.

Factores	Zi		E		Zi * E		Modelo		
	F	P	F	P	F	P	F	R ² (%)	SEE
SQI	20.40	***	97.95	***	3.97	***	16.91	79.40	0.08

Nivel de significación de 2 factores (Intensidad de ganado por zona, Zi y estación, E) que afectan a la variable SQI y nivel de ajuste del modelo (F: F-Snedecor, R2: coeficiente de determinación, SEE: error estándar de la estimación; todos los modelos son significativos, $P < 0.05$ (*); $P < 0.01$ (**); $P < 0.001$ (***) ; ns, no significativo; n=168).

Medias y 95,0% Intervalos LSD

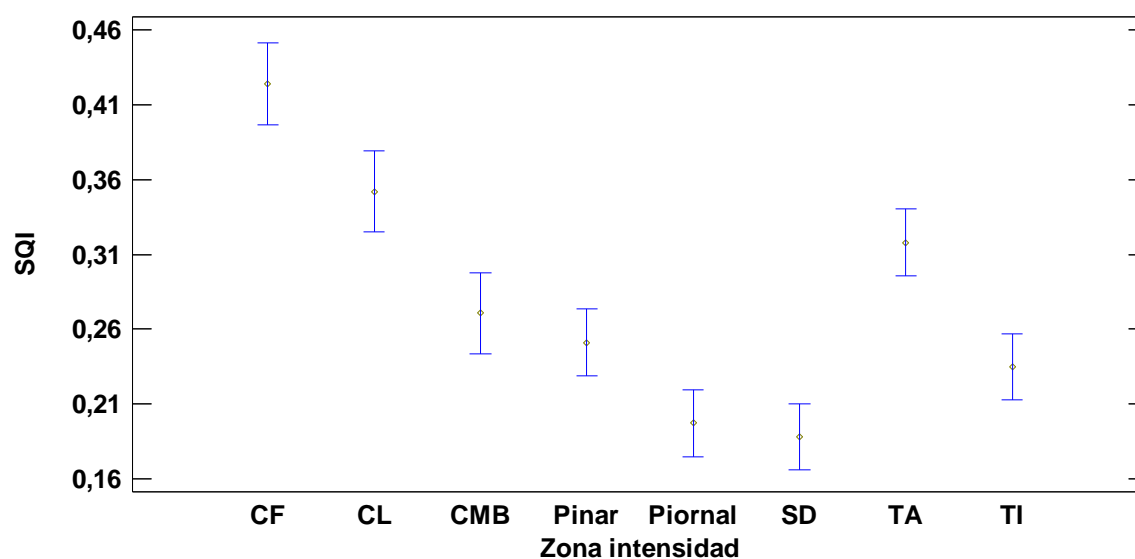


Figura 2. Valores medios del SQI para las zonas con distinta intensidad de carga ganadera.

TA (tinada activa), SD (suelo desnudo); Pior (piornal); TI (tinada inactiva); P (pinar), CMB (control monte bravo), CL (control latizal) y CF (control fustal).

Comparando los valores de calidad obtenidos en este trabajo con los niveles de calidad establecidos en la Serranía de Cuenca por Andrés *et al.*, 2019 (Figura 3), se han categorizado en distintos rangos de calidad las zonas de estudio. Valores de SQI > 0.346, indican suelos de muy alta calidad (zonas control, CL y CF) y valores < 0.204, de muy baja calidad (zonas de ganado intermitente SD y Pior). Los suelos de calidad media (SQI entre 0.205-0.274) predominan en las zonas tinada inactiva, pinar y control monte bravo (TI, P, CMB), mientras que en la tinada activa (TA), el valor medio del índice obtenido de 0.318 se correspondería con calidad alta.

El diagrama de dispersión (Figura 4), agrupa las parcelas con respecto a dos componentes; la componente 2 (indicativa de actividad ganadera) y la componente 1 (indicativa de calidad del suelo).

Rangos de calidad ^a	Gama ^a	Suelos inalterados ^a	Suelos alterados ^b
Bajo	<0.204	M En (0,134)	SD (0.188)
		PN 4 (0,136)	Pior (0.197)
Medio	0.205-0.274	M Eb (0,248)	TI (0.234)
			P (0.251)
			CMB (0.271)
Alto	0.275-0.345	PN 3 (0,304)	TA (0.318)
		PN 2 (0,312)	
		Pm1 (0,336)	
Muy alto	>0.346	PN 1 (0,44)	CL (0.352)
			CF (0.424)

Figura 3. Rangos de calidad de suelos: (a) Intervalos de calidad y valores obtenidos en los montes de la Serranía de Cuenca estudiados previamente por Andrés *et al.*, 2019; (b) Valores tipificados en los suelos estudiados en el monte Ensanche de Majadas, en el presente trabajo.

(a) PN4 (Pinar en la Dehesa de Don Juan). MEn (Encinar en la Dehesa de Abajo). Pm1 (Pinar, Dehesa de Abajo). MEB (Sabinar, Ensanche de Buenache). PN2 (Pinar, Ensanche de Buenache). PN1 (Pinar, Palancares y Agregados). PN3 (Pinar, Ensanche de las Majadas). Entre paréntesis, valores de SQI obtenidos para cada suelo.

(b) Zona de presencia permanente de ganado TA (tinada activa). Zona de paso de ganado: SD (suelo desnudo); Pior (piornal); TI (tinada inactiva); P (pinar). Zona control, CMB (control monte bravo), CL (control latizal) y CF (control fustal).

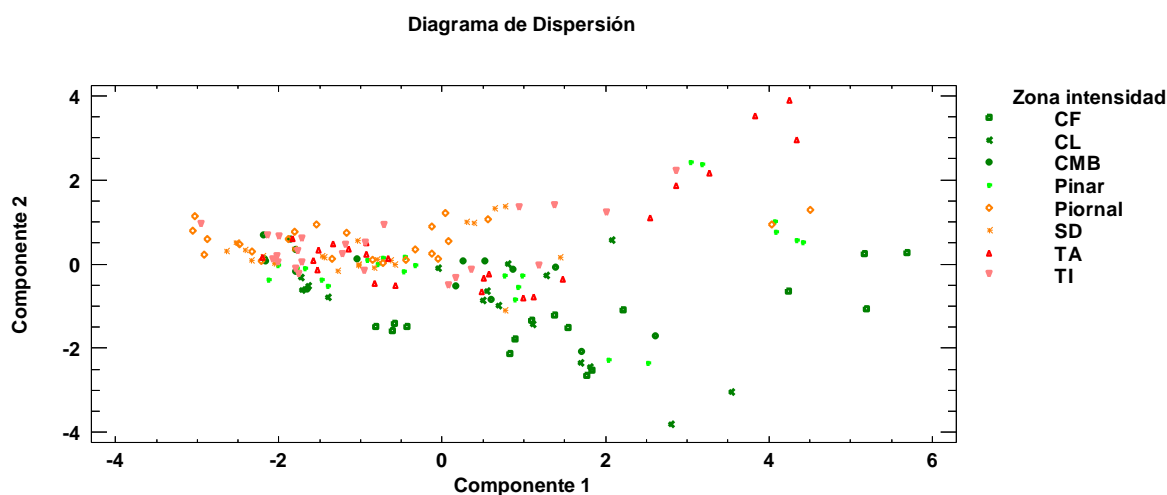


Figura 4. Diagrama de dispersión de los valores de SQI para las zonas con distinta intensidad de carga ganadera.

TA (tinada activa), SD (suelo desnudo), Pior (piornal), TI (tinada inactiva), P (pinar), CMB (control monte bravo), CL (control latizal) y CF (control fustal).

5. Discusión

En el Monte “Ensanche de las Majadas” el paso de ganado afecta a la calidad del suelo medida con el SQI (Andrés *et al.*, 2019), donde se integran parámetros físico-químicos (humedad, carbono total y pH), parámetros microbiológicos (carbono de la biomasa) y parámetros enzimáticos (fosfatasa y B-glucosidasa). Diferentes estudios evidencian alteraciones en los microorganismos del suelo entre zonas pastoreadas frente a zonas control, como disminución del carbono de la biomasa y disminución de actividades enzimáticas como la B-glucosidasa (Harrison & Bardgett., 2004; Sakaran & Augustine, 2004), o incremento de la fosfatasa, a consecuencia de la compactación por pisoteo del ganado (Martinez & Zinck, 2004). Sin embargo en la zona de tinada activa, la biomasa microbiana no responde de la misma manera a la intensidad del pastoreo, registrándose mayores valores de carbono de biomasa que en el resto de las zonas pastoreadas, especialmente en el periodo de invierno. Debido a la estabulación del ganado en esta estación y al mayor aporte de materia orgánica por excretas, se activan los microorganismos descomponedores (Wardle *et al.*, 1999), aumentando significativamente el carbono de la biomasa, hecho que responde a un valor de calidad de suelo mayor del esperado.

El nivel de calidad más alto del suelo se corresponde con las zonas control, en las que no se desarrolla la actividad ganadera y cuyas propiedades intrínsecas de zona inalterada con cubierta vegetal de pino hace que aumente el valor de SQI, lo que indica que los restos vegetales ayudan a evitar la erosión del suelo y aumentar la humedad, favoreciendo el proceso de mineralización (liberación de nutrientes) (Wic-Baena *et al.*, 2013; Hedo *et al.*, 2015).

El SQI, se define con parámetros indicadores de funcionalidad en parcelas control con suelos naturales. Parcelas perturbadas por actuaciones antrópicas determinadas (ganado, incendios,

clareos, etc.) podrían venir definidas por parámetros adicionales a los que se incluyen en el SQI y que modularan el mismo. En el caso del ganado, la ureasa, la densidad específica y el nitrógeno, son parámetros indicadores de impactos en suelos, que podrían incluirse en un nuevo índice multiparámetro recalibrado para esos casos concretos.

6. Conclusiones

El rango de valores cuantificado mediante el SQI, refleja cambios en la funcionalidad de los suelos forestales mediterráneos ante un impacto en el suelo, como es el pastoreo. Por tanto, se puede considerar una herramienta cuantitativa valiosa y que debería tenerse en cuenta en la toma de decisiones, por la administración competente para la gestión de los bosques. Este índice elaborado a partir de suelos control inalterados, debe tomarse como referencia de ecosistemas naturales, siendo aconsejable recalibrarlo para situaciones extremas de alteración (ejemplo: tratamientos silvícolas, incendios, pastoreo), incluyendo nuevos parámetros indicadores de estas alteraciones en los casos que proceda.

7. Agradecimientos

Este trabajo es fruto de la colaboración de dos grupos de investigación que forman parte de la Unidad Asociada de I+D+i al CSIC de la Unidad “Medio Ambiente y Recursos Forestales” de la UCLM, a través del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS) del CSIC. Parte del mismo ha sido financiado con el proyecto GEFORSOIL (Ref. SBPLY/19/180501/000322) concedido por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), en la modalidad Proyectos de Investigación Científica y Transferencia de Tecnología, cofinanciados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) (Orden 156/2018, de 25 de octubre).

8. Bibliografía

ANDRÉS-ABELLÁN, M.; WIC-BAENA, C.; LÓPEZ-SERRANO, F.R.; GARCÍA MOROTE, F.A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, E.; PICAZO, M.I.; RUBIO, E.; MORENO-ORTEGO, J.L.; BASTIDA-LÓPEZ, F.; GARCÍA, C.; 2019. A soil-quality index for soil from Mediterranean forest. *Eur J Soil Sci* 70 (5) 1001-1011

BASSO, B.; CAMMARANO, D.; CHEN, D.; CAFIERO, G.; AMATO, A.; BITELLA, G.; ROSSI, R.; BASSO, F.; 2009. Landscape position and precipitation effects on spatial variability of wheat yield and grain protein in southern Italy. *J Agron Crop Sci* 195 301- 312.

BASTIDA, F.; BARBERÁ, G.G.; GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T.; 2008. Influence of orientation, vegetation and season on soil microbial and biochemical characteristics under semiarid conditions. *Appl Soil Ecol* 38 62-70.

GERBER, P.J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

HARRISON, K.A.; BARDGETT, R.D.; 2004. Browsing by red deer negatively impacts on soil nitrogen availability in regenerating native forest. *Soil Biol Biochem* 36 115–126.

HEDO, J.; LUCAS-BORJA, M.E.; WIC-BAENA, C.; ANDRÉS-ABELLÁN, M.; DE LAS HERAS, J.; 2015. Soil microbiological properties and enzymatic activities of long-term post-fire recovery in dry and semiarid Aleppo pine (*Pinus halepensis* M.) forest stands. *Solid Earth* 6 243-252.

JORDAN, D.; PONDER, F.; HUBBARD, V.C.; 2003. Effects of soil compaction, forest leaf litter and nitrogen fertilizer on two oak species and microbial activity. *Appl Soil Ecol* 23 33-41

LEGAZPI, V.; 2000. La ganadería en la provincia de Cuenca en el siglo XVIII. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. 1480. Cuenca.

MARTÍNEZ, L.J.; ZINCK, J.A.; 2004. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. *Soil Till Res* 75 3-17.

SAKARAN, M.; AUGUSTINE, D.J.; 2004. Large herbivores suppress decomposer abundance in a semiarid grazing ecosystem. *Eco* 85 1052-1061

TABATABAI, M.A.; 1982. Soil Enzymes, in: Page, A.L., Miller, E.M., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America, INC, Madison*, pp. 903-947

VANCE, E.; BROOKES, P.; JENKINSON, D.; 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol Biochem* 19 703-707

VARGAS, E.; ZUMBADO, M.; 2003. Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agron Costarricense* 27(1) 07-18.

WALKLEY, A.; BLACK, A.; 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Scien* 37 29-38.

WARDLE, D.A.; BONNER, K.L.; BARKER, G.M.; YEATES, G.W.; NICHOLSON, K.S.; BARDGETT, R.D.; WATSON, R.N.; GHANI, A. 1999. Plant removals in perennial grassland: vegetation dynamics, decomposers, soil biodiversity, and ecosystem properties. *Ecol Monogr* 69 535-568.

WIC BAENA, C.; ANDRÉS-ABELLÁN, M.; LUCAS-BORJA, M.E.; MARTÍNEZ-GARCÍA, E.; GARCÍA-MOROTE, F.A.; RUBIO, E.; LÓPEZ-SERRANO, F.R.; 2013. Thinning and recovery effects on soil properties in two sites of a Mediterranean forest, in Cuenca Mountain (South-eastern of Spain), *For Ecol Manage* 308 223-230.

ZORNOZA, R.; ACOSTA, J.A.; BASTIDA, F.; DOMÍNGUEZ, S.G.; TOLEDO, D.M.; FAZ, A.; 2015. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. *Soil J* 1 173-185.