

Determinación de indicadores físicos y químicos de calidad del suelo en cinco pastizales en Granma

Determination of Physical and Chemical Indicators of Soil Quality in Five Pastures in Granma

 Licet Chávez Suárez^{1*},  Idalmis Rodríguez García² y  Alexander Álvarez Fonseca¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov".
Peralejo, Bayamo, Granma, Cuba. E-mail: licetchavezsuarez@gmail.com

²Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Autora para correspondencia: Licet Chávez Suárez, e-mail: licetchavezsuarez@gmail.com

RESUMEN: Se determinaron indicadores físicos y químicos de calidad del suelo en cinco pastizales de la provincia Granma. Para ello se tomaron cinco muestras compuestas, en toda el área de muestreo, a la profundidad de 0-20 cm, con la ayuda de una barrena helicoidal. Estas muestras se secaron al aire y posteriormente fueron molinadas y tamizadas (1mm) para la realización de los análisis agroquímicos. Estos se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos de Camagüey y el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. A las variables físicas y químicas del suelo se les realizó estadística descriptiva, con el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012. Los suelos en los cinco pastizales presentaron contenidos de arcilla que oscilan entre 38,9 y 63,27 %. Los valores de densidad real fueron bajos, al igual que la densidad aparente y osciló entre 0,98 g cm⁻³ en "Ojo de agua" y 1,12 g cm⁻³ en la "Estación de Pastos". El suelo con humedad higroscópica aceptable para el desarrollo de los cultivos fue el de la "Estación de Pastos" con 6,23 %; mientras que los mayores valores se constataron en "El Triángulo" y "El Progreso" con 13,78 y 13,30 %, respectivamente. Se concluye que los indicadores físicos y químicos evaluados no se consideran limitantes para la producción de pastos; excepto en "El Progreso". Se ratifica el efecto beneficioso de los sistemas silvopastoriles sobre el suelo en el agroecosistema "Estación de Pastos".

Palabras clave: agroecosistemas ganaderos, propiedades del suelo, materia orgánica.

ABSTRACT: Physical and chemical indicators of soil quality were determined in five grasslands in Granma province. Five composite samples were taken throughout the sampling area, at a depth of 0-20 cm, using a helical auger. These samples were air dried and subsequently ground and sieved (1mm) for agrochemical analysis. These were carried out at the Provincial Soil Laboratory of Camagüey and the Soil Laboratory of the National Institute of Agricultural Sciences. Descriptive statistics were performed on the soil's physical and chemical variables using the INFOSTAT statistical package, version 2012. The soils in the five grasslands had clay contents ranging from 38.9 to 63.27 %. The real density values were low, as was the bulk density, and ranged from 0.98 g cm⁻³ in "Ojo de agua" to 1.12 g cm⁻³ in "Estación de Pastos". The soil with acceptable hygroscopic moisture for crop development was found at the "Estación de Pastos" with 6.23 %; while the highest values were found at "El Triángulo" and "El Progreso" with 13.78% and 13.30 %, respectively. It is concluded that the physical and chemical indicators of the soils evaluated are not considered limiting factors for pasture production, except in "El Progreso". The beneficial effect of silvopastoral systems on the soil in the "Estación de Pastos" agroecosystem is confirmed.

Keywords: livestock agroecosystems, soil properties, organic matter.

INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo se define como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sustentar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua,

y sostener la salud humana y el hábitat (Doran y Parkin, 1994). Depende de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas. Estos indicadores proporcionan una representación visual de la alteración que ocurre en el suelo como resultado de procesos antropogénicos (Sharma *et al.*, 2023).

Recibido: 25/09/2025

Aceptado: 13/02/2026

Conflicto de intereses: Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualization:** Licet Chávez Suárez. **Data curation:** Licet Chávez Suárez, Idalmis Rodríguez García. **Formal analysis:** Licet Chávez Suárez. **Investigation:** Licet Chávez Suárez, Idalmis Rodríguez García, Alexander Álvarez Fonseca.

Methodology: Licet Chávez Suárez. **Supervision:** Licet Chávez Suárez, Alexander Álvarez Fonseca. **Validation:** Licet Chávez Suárez. **Roles/Writing, original draft:** Licet Chávez Suárez, Idalmis Rodríguez García, Alexander Álvarez Fonseca. **Writing, review & editing:** Licet Chávez Suárez.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Entre los indicadores químicos más utilizados se encuentran el contenido de carbono orgánico, pH, P y K disponible, N total, conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico. Los indicadores físicos predominantes son: capacidad de infiltración, estabilidad estructural, porosidad, conductividad hidráulica, resistencia a la penetración, profundidad y densidad aparente (Bünemann et al. 2018; De et al., 2022; Urška et al., 2024).

Por otro lado, el 60% de las áreas de pastizales de América Latina muestran estadios avanzados de degradación. Entre las principales causas que influyen en este proceso se destacan la aplicación de tecnologías inadecuadas, el sobrepastoreo y la deforestación. Además, se reconoce la influencia del clima y los procesos de degradación del suelo en la pérdida de la capacidad productiva de los pastizales (Batista et al., 2020). Probablemente la mayor amenaza a los pastizales es el cambio climático, que los afecta a escala global, por la exposición de los suelos a prolongadas sequías. Las olas de calor también afectan la productividad, particularmente en climas áridos y semiáridos, donde la irregularidad y gran intensidad de las precipitaciones incrementan las inundaciones y la erosión de los suelos (Milazzo et al., 2023).

En Cuba el 43 % de los suelos está afectado por la erosión y 70 % presenta bajo contenido de materia orgánica, entre otros factores que denotan su pérdida de fertilidad y la necesidad de métodos de manejo que permitan su recuperación, mejora y conservación. La ganadería se caracteriza por utilizar aquellos suelos de menor valor productivo y, por tanto, en ellos, las características citadas se incrementan (Lok, 2016). En el territorio granmense de la Cuenca del Cauto donde se desarrolla la ganadería, varios factores edafoclimáticos limitan la productividad de los pastos: 100 % de los suelos en uso ganadero tiene mal drenaje, 70 % está afectado por la salinidad, 40 % del área es inundable, 36 % del territorio es seco y el 70 % tiene bajas categorías productivas (Benítez et al., 2007).

En este sentido, el monitoreo de la influencia de las prácticas de manejo del pastoreo sobre la calidad del suelo es esencial para asegurar la sostenibilidad de los pastizales Amorim et al. (2020), los cuales representan el mayor uso de la tierra a nivel global y ocasionan impactos que varían en función de la intensidad, la historia evolutiva y las condiciones ambientales locales (Cowper et al., 2024). Por lo anteriormente expuesto el objetivo del presente trabajo fue determinar indicadores físicos y químicos de calidad del suelo en cinco pastizales de la provincia Granma.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en cinco agroecosistemas de pastizales de la provincia Granma, ubicada en la porción suroeste de la región oriental de la isla de Cuba entre las coordenadas 20°23'00"N y 76°39'09"O. Para la clasificación de los suelos en los agroecosistemas se utilizaron cartogramas, el criterio de expertos en suelo

de la provincia Granma, la descripción de perfiles típicos realizados en áreas próximas, así como consulta del mapa de suelos de la provincia. Se utilizó la clasificación de Hernández et al. (2015). Los muestreos se realizaron en 2019 (Tabla 1).

Para la determinación de los indicadores químicos y físicos del suelo (Tabla 2) se tomaron cinco muestras de 1 kg de peso, compuestas por diez submuestras, tomadas en zig-zag (Rosales et al., 2009), en toda el área de muestreo, a la profundidad de 0-20 cm, con la ayuda de una barrena helicoidal. Para la determinación de la densidad aparente se tomaron muestras de suelo no alterados con humedad entre 20 y 25 %, para ello se utilizaron cilindros metálicos de volumen 100 cm³. Estas muestras se secaron al aire y posteriormente fueron molinadas y tamizadas (1 mm) para la realización de los análisis agroquímicos. Estos se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos de Camagüey y el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. A las variables físicas y químicas del suelo se le realizó estadística descriptiva, con el paquete estadístico INFOTAT versión 2012, elaborado por Di Rienzo et al. (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización física de los suelos mostró que los mismos presentan contenidos de arcilla que oscilan entre 38,9 y 63, 27 %, por lo que todos se clasifican como arcillosos (Tabla 3). Este resultado es de esperar en “El Triángulo” y “El Progreso”, por ser vertisoles. Los restantes, aunque no se clasifican como tal, presentan propiedades vérticas; pues como plantearon Hernández et al. (2014) estas propiedades se identifican por el 30 % o más de arcilla en el espesor de 15 cm o más, grietas que se abren y cierran periódicamente y tienen 1 cm o más de ancho, entre otras características. Según estos autores la formación de vertisoles y las propiedades vérticas son propias de las regiones tropicales, sobre todo con clima subhúmedo o de humedad alternante. Ortiz y Rivero (2014), en una investigación realizada en un suelo vertisol pélico típico lavado, con pasto naturalizado en la provincia Granma, obtuvieron porcentajes de arcilla cercanos al 70 %; mientras que en un vertisol crómico gléyico medianamente lavado, de la provincia de Camagüey, dedicado al cultivo de la caña de azúcar, observaron un valor de 65,7 %, los que son ligeramente superiores a los encontrados en la presente investigación.

Los valores de densidad real determinados en todos los agroecosistemas fueron similares (entre 2,19 y 2,38 g cm⁻³) (Tabla 4). Se catalogan como bajos, según la escala de evaluación de Martín y Durán (2011) para diferentes tipos de suelos tropicales. Dichos autores ubicaron valores de densidad real menores de 2,40 g cm⁻³ como bajos. Estos valores fueron semejantes a los informados por Cordoví (1995) en un vertisuelo clasificado como oscuro plástico gleyoso en la provincia Granma. Ortiz y Rivero (2014), informaron valores similares de densidad aparente; mientras que la densidad real informada fue superior (2,55 g cm⁻³).

Tabla 1. Principales características de los pastizales estudiados

Agroecosistema	El Triángulo y El Progreso	Cupecyito	Ojo de agua	Estación de Pastos
Municipio	Bayamo	Jiguaní	Guisa	Bayamo
Afiliación	UBPC “Francisco Suárez Soa”	Empresa Genética “Manuel Fajardo”	Finca de Rafael Almaguer, CCS “Braulio Coroneaux”	IIA “Jorge Dimitrov”
Propósito	Producción de leche	Cría de terneros	Ceba de toros	Ceba de toros
Tipo de suelo	Vertisol Pélico	Pardo mullido carbonatado	Pardo mullido carbonatado	Fluvisol
Método de pastoreo	Continuo	Rotacional	Continuo	Rotacional
Área total de pastoreo (ha)	T:18,5 P: 20,4	14,2	6,7	0,8
Área de muestreo (ha) y % que representa del área total	T: 2 11 % P: 2 10 %	1,8 13 %	1,2 18 %	0,8 100 %
Tipo de pastos predominante	Jiribilla (<i>Dichanthium caricosum</i> L. A. Camus) y pasto estrella (<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst.)	Hierba de guinea (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.)	Jiribilla (<i>Dichanthium caricosum</i> L. A. Camus)	Sistema silvopastoril de hierba de guinea y <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)
Tiempo de explotación	20 años	10 años	7 años	10 años
Raza y carga animal (UGM ha⁻¹)	Mestizo Siboney 1,5	Criollo 1,7	Mestizo 2,2	Mestizo Siboney 1
Condiciones generales	Área de pastoreo totalmente deforestada, sin cuarterones, se encharca en la época de lluvia	Buen nivel de sombra por árboles y acuartonamiento, alta pedregosidad. Especies de árboles: coco (<i>Cocos nucifera</i>); guácima (<i>Guazuma ulmifolia</i>); álamo (<i>Populus</i> sp.)	Buen nivel de sombra por árboles, sin cuarterones, relieve con pendiente (10 %). Susceptibilidad a la erosión. Especies de árboles: <i>Leucaena leucocephala</i> ; algarrobo (<i>Samanea saman</i>); caoba (<i>Swietenia mahagoni</i>); cedro (<i>Cedrela odorata</i>)	Buen nivel de sombra, zona de intensa sequía

Leyenda: T: El Triángulo P: El Progreso

Tabla 2. Métodos para la determinación de los indicadores físicos y químicos

Indicador	Método
pH (H ₂ O)	Potenciometría, NC ISO-10390 (1999)
MO	NC ISO-51 (1999)
Na, K, Ca, Mg*	Extracción con AcNH ₄ , por el método de Maslova
Na, K	Determinación por Fotometría de llama
Ca, Mg	Determinación por Volumetría con EDTA
P ₂ O ₅	Oniani (1964)
CE	Conductimétrico NC 112 (2001)
Composición granulométrica y microestructura	NRAG 408 (1981)
Humedad higroscópica	Método Gravimétrico NC 110 (2001)
Densidad aparente	NRAG 370 (1980)
Densidad real	NC 11 508 (2000)
Tamizado en seco y estabilidad estructural	Método de Savinov Orellana <i>et al.</i> (1990)
Coefficiente de estructura en seco	Cálculo
Porosidad total	Pt = (1 - Da/Dr)*100
Carbono orgánico	CO=MO*0,58

Leyenda: NC: Norma Cubana, NRAG: Norma Ramal Agrícola, *Cationes intercambiables

Tabla 3. Composición mecánica y textura de los suelos en los agroecosistemas estudiados

Agroecosistema		Arena gruesa (%)	Arena fina (%)	Limo grueso (%)	Limo fino (%)	Arcilla (%)	Textura
El Triángulo	X	27,17	7,0	6,28	8,64	50,91	Arcilloso
	DE	4,75	1,40	1,41	0,90	1,02	
El Progreso	X	17,45	5,0	6,0	8,28	63,27	Arcilloso
	DE	0,51	1,41	0,0	1,41	0,51	
Cupecyito	X	27,53	5,0	5,64	6,64	55,19	Arcilloso
	DE	7,07	1,41	3,34	1,92	7,07	
Ojo de agua	X	30,17	9,0	7,64	8,64	44,55	Arcilloso
	DE	2,32	4,24	5,15	0,91	6,16	
Estación de Pastos	X	32,17	11,0	8,64	9,28	38,91	Arcilloso
	DE	8,99	9,90	3,73	0,0	4,64	

Leyenda: X: media, DE: desviación estándar

Tabla 4. Propiedades físicas de los suelos en los agroecosistemas estudiados

Agroecosistema		Densidad aparente	Densidad real	Humedad higroscópica	Porosidad total
		g cm ⁻³		%	
El Triángulo	X	1,10	2,25	13,78	50,95
	DE	0,03	0,15	0,19	0,74
El Progreso	X	1,03	2,19	13,30	52,92
	DE	0,04	0,04	0,12	2,58
Cupeycito	X	1,01	2,36	10,47	57,1
	DE	0,11	0,11	0,87	6,15
Ojo de agua	X	0,98	2,38	10,07	58,70
	DE	0,08	0,0	0,81	3,39
Estación de Pastos	X	1,12	2,35	6,23	52,43
	DE	0,05	0,13	0,25	1,11

Leyenda: X: media, DE: desviación estándar

La densidad aparente osciló entre 0,98 g cm⁻³ en “Ojo de agua” y 1,12 g cm⁻³ en la “Estación de Pastos” (Tabla 4). Ojeda *et al.*, (2018) expuso que, en suelos de textura fina, como los estudiados, la densidad aparente varía entre 1,0 y 1,2 g cm⁻³. En este sentido Mesa y Suárez (1986) refieren que los vertisuelos se caracterizan por la baja densidad (cerca de 1 g cm⁻³) y está condicionada por la densidad de la arcilla montmorillonita, lo que tiene gran influencia en las propiedades físicas y químicas de estos suelos como la porosidad total que es relativamente alta (50-80 %).

Según Kaurichev (1984), teóricamente, los valores de porosidad entre 55 y 70 % se clasifican como excelentes, lo que se corresponde con la porosidad total determinada en los agroecosistemas “Cupeycito” y “Ojo de agua”; mientras que los valores entre 50 y 55 % se consideran satisfactorios, rango en el cual se incluye el resto de los agroecosistemas.

No obstante, de acuerdo con Jaramillo (2002), más importante que conocer la porosidad total del suelo, es conocer la distribución de los poros de diferentes tamaños. La proporción en que se encuentren los diferentes tamaños es la que controla las relaciones fundamentales entre las fases sólida - líquida - gaseosa, lo que influye grandemente en cualidades edáficas como drenaje, infiltración, almacenamiento de agua, aireación y temperatura. Es probable que en los suelos de los agroecosistemas “El Triángulo” y “El Progreso” predominen los microporos, pues según este autor si predomina la microporosidad, se presentarán problemas de drenaje, lo que se observó en estos agroecosistemas. León *et al.* (2023) enfatizaron que, a medida que disminuye el tamaño de poros, las fuerzas de retención del agua aumentan. De esta manera, se ven afectados el drenaje, la aireación, la disponibilidad de agua y el crecimiento de las raíces.

En este sentido, el suelo con menor humedad higroscópica fue el de la “Estación de Pastos” con 6,23 %. Fue el único valor que se ubica en el rango de 6 a 8 % recomendado por el MINAG (1984) para el adecuado desarrollo de las especies tropicales cultivables. Los mayores valores se constataron en “El Triángulo” y “El Progreso” con 13,78 y 13,30 %, respectivamente. Estos valores son ligeramente inferiores a los informados por Ortiz y Rivero (2014). Según estos autores los vertisuelos pueden retener alta cantidad de agua por

fuerzas higroscópicas debido, entre otras causas, a los altos contenidos y grado de dispersión de las arcillas que los componen. Esto, a su vez, explica por qué un alto porcentaje del agua retenida en el suelo no es útil para las plantas. El agua higroscópica rodea las partículas coloidales del suelo (materia orgánica y arcilla). La apreciación de la estabilidad estructural el agroecosistema “El Progreso” mostró una categoría no satisfactoria, lo que viene dado por un elevado porcentaje de agregados por debajo de 0,25 mm y por encima de 10 mm (Tabla 5). Cairo *et al.* (2008) reconocen que la mala estabilidad estructural es una de las posibles formas de degradación física que puede ocurrir en los vertisoles, debido al manejo inadecuado del suelo y del agua. Por el contrario, en el agroecosistema “Estación de Pastos”, se constató buena estabilidad estructural, lo que confirma los beneficios del silvopastoreo en las propiedades físicas del suelo. Al respecto Lok *et al.* (2006) y Rodríguez *et al.* (2011) determinaron cierta estabilidad de los microagregados en sistemas silvopastoriles en suelos ferralítico rojo y pardo con carbonato, respectivamente. Según (Alonso, 1997) los agregados menores de 0,25 mm tienen menor valor agronómico pues tienden a obstruir los poros del suelo; mientras que Lok (2005) expone que la distribución de los agregados en seco mostrará mejor valor en la medida en que sea menor la proporción de agregados mayor de 10 mm, porque se incrementa el grado de friabilidad del suelo y con ello la posibilidad de manejarlo en estado seco permitiendo realizar labores agrícolas con un menor impacto ecológico negativo.

La abundancia de los agregados estables en el suelo depende notablemente del contenido de materia orgánica (Ayan *et al.*, 2024). La naturaleza y las propiedades de los mismos están determinadas por la cantidad y la calidad de los residuos vegetales y los compuestos húmicos, así como por el grado de interacción con las partículas restantes del suelo (Crespo, 2011).

Los resultados obtenidos confirman el planteamiento anterior, pues fue el agroecosistema “Estación de Pastos” el que mostró el mayor valor de materia orgánica con 5,49 % (Tabla 6). Los agroecosistemas “El Triángulo” y “El Progreso”, mostraron contenidos de MO medios según criterios de Hernández *et al.* (1995); mientras que el resto exhibió valores por encima del 5 % que se consideran como altos.

Tabla 5. Apreciación del estado estructural de los suelos en los agroecosistemas estudiado

Agroecosistema	% de agregados en 500g de suelo									EE Σ % 0,25 a 10	k	Apreciación
	10 mm	7 mm	5 mm	3 mm	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	<0,25 mm			
El Triángulo	47,3	12,7	6,2	9,5	9,1	7,6	4,6	1,9	1,0	51,7	2,08	Satisfactorio
El Progreso	67,5	7,4	4,9	8,0	6,6	3,5	1,4	0,4	0,2	32,3	1,47	No Satisfactorio
Cupeycito	62,5	10,6	4,7	7,3	6,2	4,6	2,8	0,9	0,5	37,1	1,60	Satisfactorio
Ojo de agua	49,6	15,1	6,4	11,4	8,0	4,8	2,8	1,3	0,8	49,7	1,97	Satisfactorio
Estación de Pastos	26,6	17,4	8,7	14,9	12,0	8,8	5,4	2,3	3,9	69,5	3,15	Bueno

Tabla 6. Propiedades químicas de los suelos en los agroecosistemas estudiados

Agroecosistema		Na	K	Ca	Mg	CCB	P	MO	CO	CE	pH
		cmol kg ⁻¹				ppm		%		dS m ⁻¹	
El Triángulo	X	0,40	0,75	53,0	11,5	65,25	101,0	3,70	2,15	3,20	6,9
	DE	0,0	0,02	5,66	2,12		7,07	0,14	0,08	0,04	0,0
El Progreso	X	1,31	0,78	55,25	5,1	61,13	45,0	4,73	2,75	0,37	7,7
	DE	0,01	0,07	3,89	2,69		8,48	0,22	0,13	0,07	0,28
Cupeycito	X	0,13	0,85	34,0	2,75	37,60	42,0	5,11	2,97	0,38	7,8
	DE	0,14	0,01	2,83	1,06		5,66	0,32	0,18	0,03	0,0
Ojo de agua	X	1,15	0,86	44,25	3,75	48,86	42,0	5,29	3,07	0,46	7,4
	DE	0,11	0,04	2,47	0,35		5,66	0,81	0,47	0,03	0,07
Estación de Pastos	X	0,14	0,78	19,25	8,5	28,53	76,5	5,49	3,18	0,17	7,2
	DE	0,03	0,16	4,6	0,71		16,3	0,21	0,12	0,05	0,21

Leyenda: X: media, DE: desviación estándar

Resultados similares fueron obtenidos por [Leyva et al. \(2018\)](#), quienes observaron niveles más altos de materia orgánica en el sistema silvopastoril con respecto a pastizales naturales y cultivados (valores medios) sobre Luvisoles al norte del municipio de las Tunas. Otros autores también han informado mayor contenido de MO en sistemas silvopastoriles en relación con otros pastizales ([Hernández et al., 2018](#); [Romero et al., 2021](#)).

Al respecto, [Vallejo et al. \(2013\)](#), plantean que el mayor número de estratos vegetales en los sistemas silvopastoriles genera biomasa más abundante y heterogénea, que se deposita sobre el suelo en forma de hojas, ramas, frutos, resinas y exudados radicales, con efectos importantes en la materia orgánica del suelo. A esto se suma el efecto de la fijación biológica de nitrógeno por microorganismos asociados a la *Leucaena*, y el de otras asociaciones entre árboles y microorganismos que contribuyen a solubilizar o hacer disponibles otros nutrientes vitales para la producción de los pastos ([Montagnini et al., 2015](#)).

[Ortega et al. \(2024\)](#), resumen la participación de los árboles en relación a la conservación del suelo. Plantean que favorecen el desarrollo natural de terrazas a través de la acumulación de suelo; estabilizan la estructura del suelo a través de los sistemas radiculares; aumentan la infiltración y la capacidad de retención del agua y reducen de la evaporación, por lo que mantienen de la humedad en el suelo. Por su parte, [León et al. \(2023\)](#), resaltan el papel del carbono orgánico del suelo, como parte de la materia orgánica, en propiedades edáficas como la estructura, la capacidad de intercambio catiónico, la densidad aparente, la porosidad y la infiltración. El pH osciló entre 6,9 y 7,8 (Tabla 6). Según [Hernández et al. \(1995\)](#) se incluyen en el rango neutro (6,6 - 7,5) los suelos de “El Triángulo”, “Ojo de agua” y “Estación de Pastos”; mientras que los suelos

de “Cupeycito” y “El Progreso” se incluyen en el rango ligeramente alcalino (7,6 - 8). Se reconoce que el pH afecta de forma marcada varios aspectos de la fertilidad del suelo, tales como la disponibilidad de macro y micronutrientes, la presencia de concentraciones fitotóxicas de iones como el aluminio, la composición y actividad de la comunidad microbiana del suelo y la agregación y estructura del suelo ([Müller et al., 2022](#)).

Los suelos del agroecosistema “El Triángulo” mostraron la mayor conductividad eléctrica (3,2 dS m⁻¹), por lo que, de acuerdo con [Paneque y Calaña \(2001\)](#), se catalogan como débilmente salinos. Sin embargo, el contenido de sodio intercambiable se considera como muy bajo en este agroecosistema, de lo que se infiere que no son las sales de sodio las que determinan esa conductividad eléctrica. En el resto de los agroecosistemas este elemento también se encontró en niveles bajos (“El Progreso” y “Ojo de agua”) y muy bajo (“Cupeycito” y “Estación de Pastos”).

En todos los agroecosistemas, se observaron valores de potasio cambiante por encima de 0,45 cmol kg⁻¹, considerados altos de acuerdo con [Paneque y Calaña \(2001\)](#). Según [Crespo \(2009\)](#) el potasio es uno de los minerales con tenores muy bajos en los suelos ganaderos del país.

El contenido de magnesio intercambiable, presentó bajos valores en “Cupeycito” y “Ojo de agua” (2 - 5 cmol kg⁻¹). En “El Progreso” se observaron contenidos medios y en “El Triángulo” y la “Estación de Pastos” el valor fue mayor de 8 cmol kg⁻¹, y se clasifica como alto de acuerdo con [Paneque y Calaña \(2001\)](#).

El suelo de la “Estación de Pastos” fue el único que presentó bajo contenido de calcio cambiante ([Paneque y Calaña, 2001](#)), lo que pudiera deberse al material parental sobre el cual está formado y al grado de meteorización

sufrido por el mismo; así como su utilización por la *Leucaena*, pues las leguminosas demandan mucho más calcio del suelo para su nodulación (Kass, 1998). En el resto de los agroecosistemas el contenido de este catión se considera como alto ($> 30 \text{ cmol kg}^{-1}$). De lo que es posible inferir que son el calcio y el magnesio los que predominan en el complejo de cambio del suelo en “El Triángulo” y los que determinan los niveles de conductividad eléctrica.

La capacidad de cambio de bases fue alta en todos los agroecosistemas, excepto en la “Estación de Pastos” donde tuvo valor medio de acuerdo con Hernández et al. (1995). Al respecto Hernández et al. (2014) plantearon que los vertisuelos se identifican por alta capacidad de cambio de bases.

En los suelos de los agroecosistemas estudiados se determinaron valores de fósforo asimilable de medios a altos, según criterios de Hernández et al. (1995). En “El Progreso”, “Cupeycito” y “Ojo de agua” se considera mediano (31-45 ppm); mientras que en el resto de los agroecosistemas se cataloga como alto ($> 45 \text{ ppm}$). Este resultado llama la atención, pues el fósforo se considera un elemento deficitario en los suelos ganaderos en Cuba (Crespo y Durán, 1990).

Noval et al. (2014) informaron que el fósforo se encontró deficiente en el 75,4 % de las muestras examinadas, con valores promedios muy bajos en relación con el límite de deficiencia de este mineral en el suelo. Ojeda et al. (2018) también constató bajos valores de fósforo, en un suelo pardo grisáceo, en áreas de pastos naturales de la Empresa Pecuaria “El Tablón” perteneciente a la provincia Cienfuegos.

Resulta necesario enfatizar que el suelo en el agroecosistema “Estación de Pastos” mostró una condición buena en cuanto a su estabilidad estructural, lo que se relaciona con su mayor contenido de materia orgánica; sin embargo, en “El Progreso”, aun cuando se observó valor medio de materia orgánica (4,73 %), la estabilidad estructural fue deficiente, lo que denota que existen otros factores que pueden estar incidiendo en ese comportamiento, como pueden ser el alto porcentaje de suelo desnudo y manejo continuo de pastoreo utilizado.

Según Arcos et al. (2018) el pastoreo modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y afecta los procesos relacionados con la hidrología, el ciclo de nutrientes, la producción vegetal y la estructura botánica del pastizal. Para Batista et al. (2020), la degradación de los pastizales es consecuencia del sobrepastoreo, así como del pisoteo de los animales, que provoca una elevada remoción de la cubierta vegetal, lo que disminuye la tasa de infiltración, aumenta la compactación del suelo y reduce el crecimiento de las raíces de las plantas. Sin embargo, para estos autores, este fenómeno depende fundamentalmente del tipo de suelo, su contenido de humedad, la carga animal, la disponibilidad de biomasa y las especies vegetales presentes en el pastizal. Escobar et al. (2020) también reconocen que el manejo del pastoreo es un factor de origen antrópico decisivo en el mantenimiento de los pastizales;

donde son varios los elementos a considerar, entre los que se encuentran la carga animal e intensidad del pastoreo.

CONCLUSIONES

- Los indicadores físicos y químicos de los suelos evaluadas no se consideran factores limitantes para la producción de pastos; excepto en “El Progreso”.
- Se ratifica el efecto beneficioso de los sistemas silvopastoriles en las propiedades físicas y químicas del suelo evidenciado en el agroecosistema “Estación de Pastos”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, C. (1997). *Influencia de tres sistemas de cultivos en algunas propiedades físicas de los suelos Ferralíticos Rojos* [Tesis de Maestría]. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, Cuba.
- Amorim, H. C., Ashworth, A. J., Moore Jr, P. A., Wienhold, B. J., Savin, M. C., Owens, P. R., Jagadamma, S., Carvalho, T. S., & Xu, S. (2020). Soil quality indices following long-term conservation pasture management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107060. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107060>
- Arcos, C., Lascano, P., & Guevara, R. (2018). Manejo de asociaciones gramíneas leguminosas en pastoreo con rumiantes para mejorar su persistencia, la productividad animal y el impacto ambiental en los trópicos y regiones templadas. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*. 2(2). ISSN: 2602-8220.
- Ayan, R., López, M., & García, P. (2024). Organic matter and soil aggregation in tropical pastures. *Soil & Tillage Research*, 235, 105-118.
- Batista, L., Gómez, P., & Hernández, R. (2020). Pasture degradation in Latin America: Causes and consequences. *Revista Agroecología*, 12(3), 45-59.
- Benítez, J., Pérez, A., & Rodríguez, M. (2007). Diagnóstico edafoclimático de la cuenca del Cauto. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 41(1), 33-42.
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., ... & Brussaard, L. (2018). Soil quality - A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Cairo, J., López, A., & Martínez, F. (2008). Estabilidad estructural de vertisoles bajo manejo agrícola. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 211-220.
- Cordoví, R. (1995). Propiedades físicas de vertisoles en Granma. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 29(1), 55-62.
- Cowper, D., Smith, J., & Lee, A. (2024). Global grazing impacts on soil quality. *Agricultural Systems*, 215, 104-122.
- Crespo, G., & Durán, J.L. (1990). *Vías para disminuir el déficit de fertilizantes y la erosión de los suelos*. Seminario Científico Internacional. XXV Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

- Crespo, G. (2009). El potasio en suelos ganaderos de Cuba. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 87-95.
- Crespo, G. (2011). Materia orgánica y estabilidad de agregados en suelos tropicales. *Revista de Ciencias del Suelo*, 29(4), 55-63.
- De, A., Singh, R., & Patel, V. (2022). Chemical soil indicators in sustainable agriculture. *Soil Use and Management*, 38(3), 456-467.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2012). *INFOSTAT, versión 2012*. Grupo INFOSTAT, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Doran, J. W., & Parkin, T. B. (1994). Defining and assessing soil quality. In J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, & B. A. Stewart (Eds.), *Defining soil quality for a sustainable environment* (pp. 3-21). Soil Science Society of America.
- Escobar, M.A., Cárdenas, E.A., & Carulla, J.A. (2020). Effect of altitude and defoliation frequency in the quality and growth of Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*). *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 73(1), 9121-9130.
- Hernández, A., Pérez, J., & Cabrera, R. (1995). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Hernández, A., Pérez, J., & Cabrera, R. (2014). Propiedades vérticas de los suelos tropicales. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 48(2), 77-85.
- Hernández, A., Pérez, J., & Cabrera, R. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Hernández, R., Leyva, A., & Romero, J. (2018). Materia orgánica en sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*, 41(3), 211-220.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Kass, C.L D. (1998). *Fertilidad de suelos*. Eunod, San José Costa Rica. 232 p. 125. Kaurichev, I. S. 1984. Prácticas de edafología. 1ª. Ed. en español. Ed. Mir. Moscú. 280 p.
- Kaurichev, I. S. (1984). *Física de suelos*. Editorial Mir.
- León, Y., Pérez, M., & Rodríguez, L. (2023). Carbono orgánico y propiedades edáficas en sistemas tropicales. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 57(1), 33-45.
- Leyva, A., Hernández, R., & Romero, J. (2018). Materia orgánica en sistemas silvopastoriles de Las Tunas. *Pastos y Forrajes*, 41(2), 145-153.
- Lok, R. (2005). Distribución de agregados en suelos tropicales. *Pastos y Forrajes*, 28(1), 55-63.
- Lok, R. (2006). Estabilidad de microagregados en sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*, 29(2), 77-85.
- Lok, R. (2016). Manejo de suelos ganaderos en Cuba. *Revista Pastos y Forrajes*, 39(2), 87-95.
- Martin, J., & Durán, R. (2011). Evaluación de la densidad real en suelos tropicales. *Revista de Ciencias del Suelo*, 27(3), 101-110.
- Mesa, A., & Suárez, J. (1986). Propiedades físicas de vertisoles en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 20(1), 45-53.
- Milazzo, S., Torres, P., & Almeida, J. (2023). Climate change impacts on grassland productivity. *Global Ecology and Conservation*, 45, e02567.
- MINAG. (1984). *Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos*. La Habana: Editorial Científico Técnica.
- Montagnini, F., Ibrahim, M., & Murgueitio, E. (2015). Silvopastoral systems and soil fertility. *Agroforestry Systems*, 89(5), 857-873.
- Müller, T., Schmitt, A., & Becker, H. (2022). Soil pH and fertility interactions in tropical systems. *Soil Use and Management*, 38(1), 14-27.
- NC 110. (2001). *Calidad del suelo. Determinación de la humedad del suelo*. Oficina Nacional de Normalización (NC), La Habana, Cuba.
- NC ISO 11 508. (2000). *Calidad del suelo. Determinación de la densidad de las partículas*. Oficina Nacional de Normalización (NC ISO), La Habana, Cuba.
- NC ISO-51. (1999). *MO Materia orgánica*. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NC ISO-112. (2001). *Conductividad eléctrica*. Oficina Nacional de Normalización (NC ISO), La Habana, Cuba.
- NC ISO-10390. (1999). *Calidad del suelo. Determinación de pH*. Oficina Nacional de Normalización (NC ISO), La Habana, Cuba.
- Noval, E., García, J.R., García, R., Quiñones, R., & Mollineda, A. (2014). Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos, *Centro Agrícola*, 41(1): 25-31.
- NRAG 370. (1980). *Suelos. Densidad aparente o peso volumétrico*. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba.
- NRAG 408. (1981). *Suelos. Composición mecánica. Determinación*. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba.
- Ojeda, R., Pérez, A., & Hernández, J. (2018). Densidad aparente en suelos de textura fina. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 52(2), 99-107.
- Oniani, G. (1964). Método para la determinación de fósforo en suelos. *Agrokhimiya*, 7, 45-52.
- Orellana, R., Savinov, V., & Pérez, J. (1990). Métodos para evaluar la estabilidad estructural de suelos. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 24(2), 77-85.
- Ortega, J., Ramírez, P., & León, Y. (2024). Árboles y conservación del suelo en sistemas silvopastoriles. *Agroforestry Systems*, 112(3), 455-468.
- Ortiz, J., & Rivero, M. (2014). Propiedades físicas de vertisoles en Granma y Camagüey. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 48(1), 55-63.
- Paneque, R., & Calaño, J. (2001). Salinidad y fertilidad de suelos ganaderos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 24(3), 211-220.
- Rodríguez, I., Crespo, G., Morales, A., Calero, B., & Fraga, S. (2011). Comportamiento de los indicadores

- biológicos del suelo en unidades lecheras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2): 187-193.
- Romero, J., Hernández, R., & Leyva, A. (2021). Materia orgánica en sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*, 44(1), 33-42.
- Rosales, R., Pérez, J., & Cabrera, R. (2009). Métodos de muestreo de suelos en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 43(2), 77-85.
- Sharma, R., Patel, V., & Singh, K. (2023). Soil quality indicators under anthropogenic stress. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6), 789-802.
- Urška, K., Novak, M., & Zupan, J. (2024). Physical soil indicators in sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 210, 103-118.
- Vallejo, M., Murgueitio, E., & Ibrahim, M. (2013). *Biomasa y materia orgánica en sistemas silvopastoriles*