

Comportamiento de los Indicadores Físicos y Químicos en un Suelo Poco Evolucionado a partir de su restauración
Behavior of Physical and Chemical Indicators in a Little Evolved Soil after its restoration

Autores:

MSc. Illovis Fernández - Betancourt, <https://orcid.org/0000-0002-6592-965X>

MSc. Albaro Blanco - Imbert, <https://orcid.org/0000-0002-6144-7258>

MSc. Marianela Cintra - Arencibia, <https://orcid.org/0000-0002-5142-8512>

Dr.C Yuri Rodríguez - Matos, <https://orcid.org/0000-0002-5032-6362>

MSc. Enidia Téllez - Fuentes, <https://orcid.org/0000-0002-9852-4798>

Filiación institucional: Instituto de Suelos, UCTB Guantánamo. Guantánamo. Cuba.

E-mail: investigacion@suelos.gtm.minag.cu

Fecha de recibido: 17 abr. 2024

Fecha de aprobado: 29 jun. 2024

Resumen

Con el objetivo de evaluar el comportamiento de los indicadores físicos y químicos de un suelo Poco Evolucionado a partir de su restauración. Se seleccionaron tres áreas en un matorral xeromorfo costero y subcostero, en El Rosal, Imías, Guantánamo. En cada una se realizaron muestreos para la determinación de los indicadores físicos (resistencia a la penetración, velocidad de infiltración, densidad aparente) y químicos (MO, C, P, K, pH), los cuales fueron analizados en el laboratorio de Suelos, UCTB Guantánamo. Los resultados evidencian que los indicadores químicos se encontraron algunas diferencias entre el área restaurada, el área degradada y un bosque natural en cuanto al potasio, y el pH, los valores de fósforo para todos los casos se clasifican de altos, al igual que la materia orgánica, avalando un aumento de la fertilidad. Los indicadores físicos, manifiestan que presentan cierto grado de degradación, reflejado por altos niveles de compactación.

Palabras clave: Suelo esquelético; Propiedades físico - químicas del suelo; Manigua costera; Zona semiárida

Abstract

With the objective of evaluating the behavior of the physical and chemical indicators of a Poorly Evolved soil after its restoration. Three areas were selected in a coastal and subcoastal xeromorphic scrubland, in El Rosal, Imías, Guantánamo. In each one, sampling was carried out to determine the physical indicators (penetration resistance, infiltration rate, apparent density) and chemical indicators (MO, C, P, K, pH), which were analyzed in the Soils laboratory. UCTB Guantánamo. The results show that the chemical indicators were found to have some differences between the restored area, the degraded area and a natural forest in terms of potassium and pH, the phosphorus values for all cases are classified as high, as well as the organic matter. . , supporting an increase in fertility. The physical indicators show that they present a certain degree of degradation, reflected by high levels of compaction.

Keywords: Skeletal soil, Physical and chemical properties of soil, Coastal bush, Semi-arid zone

Introducción

Los suelos son la base de toda comunidad vegetal, agrícola o natural y constituyen espacios tridimensionales donde interactúan constantemente factores físicos, químicos y biológicos. Las numerosas funciones del suelo incluyen sostener la producción vegetal, regular el clima y el agua, almacenar nutrientes y carbono, controlar desechos y contaminantes, proveer el espacio vital para una enorme diversidad de organismos, archivar la historia de uso y cobertura vegetal del suelo (Aguilar y Ramírez, 2015).

Los suelos Poco Desarrollados son suelos muy superficiales (< 30 cm) o profundos pero de texturas arenosas. Su baja fertilidad natural y/o su baja capacidad de almacenamiento de agua limitan estos suelos al uso pastoril en ganadería extensiva (Hernández *et al.*, 2015).

Esta zona, debido a su topografía presenta una situación marcadamente diferente, por estar gran parte de esta, formada por colinas cubiertas de matorrales xerofíticos, dedicados principalmente para el pastoreo bajo un sistema de explotación extensiva, cuyas posibilidades de rotación resultaba limitado por los recursos financieros disponibles (Limeres *et al.*, 2015), situación por la cual ha sido identificada en el Programa Nacional Contra la Desertificación y la Sequía como una de las nueve áreas amenazadas (Urquiza *et al.*, 2003)

Por las propias características naturales de sequedad de estas tierras, los bosques no parecen haber sido exuberantes, destacándose como vegetación de mayor extensión el matorral xeromorfo costero y subcostero, caracterizado por su alta riqueza florística y difícil acceso por ser muy espinosa (Figueredo y Reyes, 2015).

En relación con este tipo de vegetación Figueredo y Reyes (2015) ,resaltaron la necesidad de establecer acciones de conservación, pues a nivel nacional, constituye uno de los hábitats de máxima prioridad, debido a que la disminución experimentada por las terrazas costeras (aproximadamente un 8,8 %), ecosistema que está muy degradado o destruido, y ha perdido sus mecanismos de regeneración, por lo que es necesario asistirlos para superar tensionantes que impiden la regeneración y garantizar el desarrollo de procesos de recuperación (Vargas, 2011).

Una alternativa para recuperar estas áreas degradadas, lo constituye la restauración ecológica, que no es más que el proceso de apoyar la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004); de las condiciones ambientales vegetación, flora, fauna, agua y suelo.

La restauración ecológica de ecosistemas degradados depende directamente de la recuperación de la salud del suelo, sus interacciones con el agua y la vegetación, y su capacidad de sostener el funcionamiento de los ecosistemas (Arshad y Martin 2002). Los suelos degradados se caracterizan por haber perdido la comunidad vegetal que existía previa al disturbio y su estructura original, reflejado en un incremento de la compactación y una reducción en la estabilidad de sus agregados e infiltración del agua (McKinley *et al.*, 2005, Li y Shao 2006).

Por estas razones nuestro trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los indicadores físicos y químicos en un suelo Poco Evolucionado a partir de su restauración.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el periodo de enero de 2021 a enero del 2022, en un matorral xeromorfo costero y subcostero, en el sitio “El Rosal”, en un área de 10 ha, patrimonio de la UEB Cajobabo, de la Empresa Agroforestal Imías, ubicado en el Consejo popular “La Chivera” una zona llana próxima a la costa del municipio Imías de la provincia Guantánamo, entre las coordenadas N-157,150-E-734,175 (Figura 1).

El comportamiento medio anual de las principales variables en la localidad de la Chivera, la temperatura presentó medias mensuales que oscilan entre 24,9 °C y 29,0 °C con un valor medio anual de 26,9°C. Para la lluvia se encontró media anual de 559,6 mm³, donde sólo superan los 60 mm³ los meses de mayo, agosto, septiembre y octubre, este último con promedio por encima de los 100 mm³. La humedad relativa alcanza valores medios entre 73 y 78% con una media anual de 76%, media máxima de 88% y media mínima de 63% (ISMET, 2022).

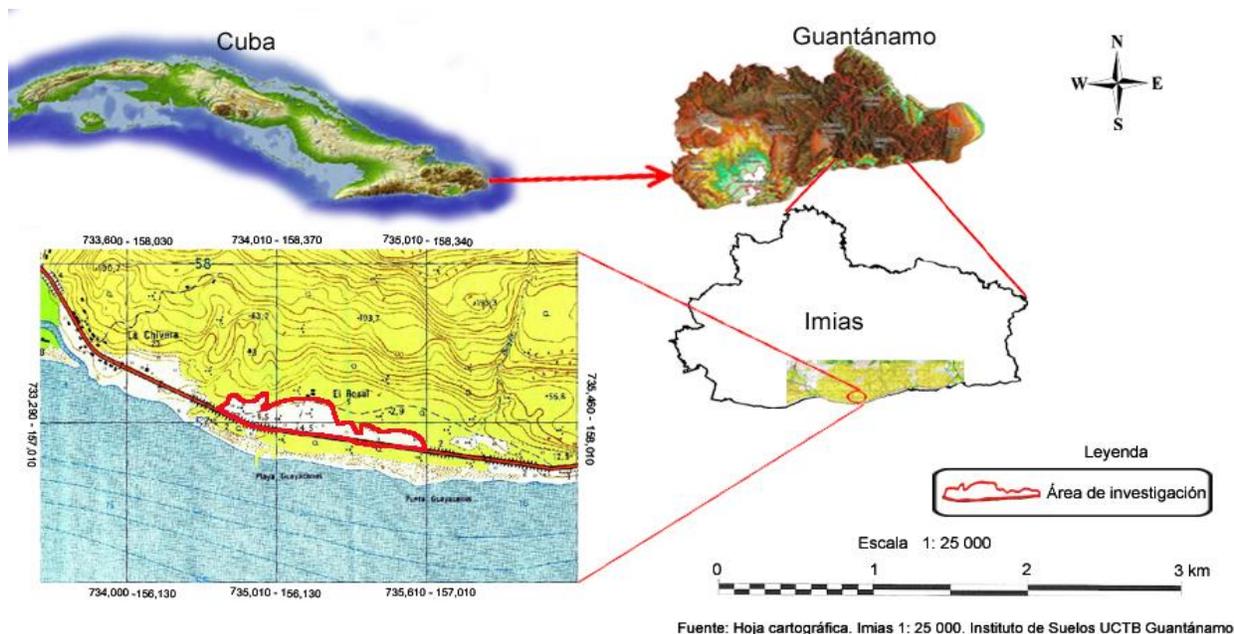


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

Se trabajó sobre un suelo Poco Evolucionado, tipo lithosol, subtipo distrito (según la correlación con la nueva versión propuesta Hernández *et al.*, 2015), sustentado sobre caliza dura, de poca profundidad (5-10 cm), mediana graviliosidad (16-50%) y moderada pedregosidad (0.01-0.1%), el cual se encuentra fuertemente erosionado, situación en la cual pudiera influir la pendiente del terreno, la cual varía entre 2.1-4.0% clasificándose como ligeramente ondulado (MINAG, 1984).

Para determinar la influencia de las acciones realizadas en el área restaurada (reforestación, manejo de la regeneración natural, manejo de las plantas invasoras) en el comportamiento de los indicadores físicos y químicos del suelo, se estableció una comparación con un área restaurada, una degradada y un bosque natural, los cuales constituyeron los tratamientos.

Descripción de los tratamientos. El área restaurada fue asistida con la especie *Guaiaecum officinale* L. posee una altura de 2 a 4 m y se caracteriza de forma general por la presencia de árboles y arbustos tales como: *Guaiaecum officinale* L., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Azadirachta indica* A. Juss., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Dichrostachys Cinerea*

(L.) Wight & Am. Var. A, abundante plantas herbáceas tales como *Caesalpinia glandulosa* Berter, *Malvastrum corchorifolium*, *Curcuma longa*. Además abunda la cactácea *Stenocereus fimbriatus* Lam.

El área degradada posee abundantes plantas herbáceas como malva (*Sphaeralcea bonariensis*), tuba tuba (*Jatropha gossypifolia* L.) y otras herbáceas, con presencia de pastoreo ovino caprino.

El área de bosque natural se caracteriza por la presencia de abundantes especies propias de esta formación vegetal como es el caso de *Albizia cubana* Britton y Wilson, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Phyllostylon brasiliensis* Capanema. , *Guaiacum officinale* L., *Hebestigma cubense* (Hunth) Urb. *Brya microphylla* Bisse, *Plumeria Montana* Britton Wils. Además abundan la cactácea y herbáceas, tales como: *Stenocereus fimbriatus* Lam., *Agave americana* L. *Caesalpinia glandulosa* Berter., malva (*Sphaeralcea bonariensis*), tuba tuba (*Jatropha gossypifolia* L.

En cada una de las área se establecieron 5 parcelas donde se evaluaron los indicadores resistencia a la penetración, velocidad de infiltración (físicos) y materia orgánica (MO), fósforo (P_2O_5), potasio (K_2O) y pH del suelo (químicos) a partir de los métodos siguientes:

- ◆ PH (H_2O), Calidad del suelo. método potenciométrico, con relación suelo: solución de 1:2.5. NC -ISO 10390: (1999).
- ◆ pH_{KCl} por el método potenciométrico. Calidad del suelo. Determinación de pH. (NC 2001:2015).
- ◆ Materia orgánica. Método Colorimétrico. Calidad del suelo. Análisis químicos. Determinación del por ciento de Materia orgánica (NC 51:1999).
- ◆ Fósforo y potasio asimilable ($mg.100\ g^{-1}$) por extracción con carbonato de amonio al 1%, con solución de suelo 1:20. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. (NC 52,1999).
- ◆ Densidad aparente (d_a) en ($g.cm^{-3}$), por el método de los cilindros en el campo, utilizando cilindros de $100\ cm^3$ de volumen (Hernández, 2007).
- ◆ Humedad: Método gravimétrico, por medio de la estufa, a 105° , hasta que las muestras alcanzaron peso constante (Hernández, 2007).

- ◆ Velocidad de infiltración. Método USDA. Para la clasificación se utilizaron las clases de permeabilidad usadas en el reconocimiento edafológico del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (Soil Survey), las cuales son estimadas a partir de propiedades del suelo y se refieren a una velocidad de infiltración estable (USDA, 1999; Hillel, 2013). Este método considera las evaluaciones de velocidad de infiltración ($\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$) de la siguiente forma (>50.80 Muy rápido; 50.8-15.21 Rápido; 15.21- 5.08 Moderadamente rápido; 5.08-1.52 moderado; 1.52-0.51 Moderadamente lento; 0.51-0.152 Lento; 0.152-0.0038 Muy lento y < 0.0038 impermeable).
- ◆ Resistencia a la penetración: Penetrómetro, marca Eikelkamp. Método que considera las evaluaciones de resistencia a la penetración ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-3}$) siguientes (≤ 10.0 muy compacto; entre 10.1 – 20.0 poco compacto; entre 20.1 – 40.0 medianamente compacto; entre 40.1 – 60.0 compacto y > 60.1 muy compacto).

Resultados y discusión

El análisis del comportamiento del indicador físico del suelo velocidad de infiltración, entre el área restaurada, el área degradada y un bosque natural, (tabla1), arrojó variabilidad en su comportamiento al encontrarse diferencia estadística entre los tratamientos. En el caso de la velocidad de infiltración, el suelo del área restaurada destaca por su mayor valor, aunque sin diferencia estadística con los valores alcanzados en el bosque natural, este a su vez no presentó diferencia significativa con el área degradada. Los valores de este indicador para el área restaurada, lo clasifica como rápido (USDA, 1999).

Tabla 1. Comportamiento de la velocidad de infiltración en las parcelas trabajadas en el matorral xeromorfo costero y subcostero

Tratamientos.	Velocidad de infiltración ($\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$)	Evaluación
Área degradada	14.264 b	Moderadamente Rápido
Área restaurada	47.505 a	Rápido
Bosques naturales	28.935 ab	Rápido
ESx	6.70174	

Medias con letras iguales no difieren entre si

Los resultados anteriores pudieran estar influenciados por la presencia de las grietas que se forman en los periodos secos por la rotura de las rocas, lo que facilitará la circulación del agua con mayor rapidez. Al respecto, Tapia *et al.*, (2022) destaca que el comportamiento de este indicador varía según la textura, estructura y el tipo de suelo presente en el área, los cuales al estar muy delgados, o ser muy pedregosos y poco desarrollados, pueden contener una gran cantidad de material calcáreo.

En el caso de la densidad aparente (tabla 2) se encontró que para ambas profundidades se logra un mejor comportamiento en las parcelas ubicadas en el bosque natural, las cuales mostraron diferencia significativa con el resto de las parcelas, estas a su vez no se diferencian estadísticamente entre sí, además de poseer valores que las clasifican como alto, esto se debe que en estas parcelas no existe evidencia de pastoreo, ni intervención humana.

En estudios similares Leyva *et al.*, (2018) afirman en estudio de la densidad aparente en una arboleda donde obtuvo valores similares, la poca intervención humana, un mayor número de lombrices y contenido de materia orgánica, explican una menor densidad aparente.

Los estudios de Zheng *et al.*, (2017), mencionan que el aumento en la riqueza de especies arbóreas, puede producir cambios en la densidad aparente del suelo, por ende, en la porosidad, siendo esta mayor en la capa superficial del suelo (0-10 cm).

Maza *et al.*, (2021) afirman en estudios similares en la Reserva Ecológica Arenillas perteneciente a la provincia de El Oro, Ecuador obtuvieron que los valores de densidad aparente (DA) tendieron a aumentar en mayor significancia en zonas donde han sido intervenidas por el hombre.

Tabla 2. Comportamiento de la densidad aparente y el grado de compactación en las parcelas trabajadas en el matorral xeromorfo costero y subcostero

Tratamientos	Densidad aparente	Penetrometría	Densidad aparente	Penetrometría
Profundidad	(0-5cm).		(7-10cm).	

Área Degradada	1.46 b	83.27 ab	1.48 b	90.36 b
Área Restaurada	1.51 b	86.85 a	1.49 b	96.86 a
Bosque Natural	1.05 a	76.70 b	1.09 a	76.70 c
ESx	0.0311698	2.83672	0.0332158	1.8098

Medias con letras iguales no difieren entre sí

Un comportamiento similar se observa para la resistencia a la penetración en los primeros cinco centímetros de profundidad, al encontrarse el mejor comportamiento para la parcela ubicada en el bosque natural, aunque esta no difiere estadísticamente de la parcela ubicada en el área degradada, comportamiento similar al encontrado entre esta última y la parcela del área restaurada. Las cuales no difieren entre sí.

Para la mayor profundidad (7 a 10 cm) se encontró diferencia significativa entre todos los tratamientos, destacándose con el bosque natural al manifestar el mejor comportamiento.

Para el área restaurada pudiera estar relacionado con el manejo efectuado durante las actividades desarrolladas, las cuales pueden haber provocado compactación. Al respecto Vargas y Céspedes (2019) destacan como el trabajo que se realice sobre el suelo, provoca una disminución del espacio poroso incrementando así su compactación, destacan además que esto se intensifica en las mayores profundidades debido al peso del material sobre yacente.

La tabla 3 muestra los valores de pH_{KCl} del suelo en las diferentes parcelas, donde para todos los casos los valores de este indicador se encuentra en el rango que los clasifica como neutro y ligeramente alcalino (6,5 y 7,30), rango donde los nutrientes son más fácilmente asimilables. Los mayores valores se encontraron para el área restaurada y degradada entre las cuales no existió diferencia significativa. Lo que concuerda con las características de los materiales de formación (calcáreos) que se acentúan por las condiciones climáticas (semiáridas) del área de estudio en donde abundan bases.

Tabla 3. Comportamiento del pH y la materia orgánica en las parcelas trabajadas en el matorral xeromorfo costero y subcostero.

Tratamientos	pH _{KCl}	M.O (%)
--------------	-------------------	---------

Área Degradada	7,29 a	6,72 a
Área Restaurada	7,30 a	6,45 a
Bosques Naturales	6,45 b	5,63 a
ESx	0.15056	0.462588

Medias con letras iguales no difieren entre si

En relación con este indicador (Neima, 2019), afirma que aunque el pH no influye directamente en el desarrollo de la vegetación, su efecto es indirecto, ya que está asociado a otras propiedades químicas del suelo, como por ejemplo la disponibilidad de nutrientes, al mismo tiempo argumentan que es el primer indicador sobre el estado nutricional del suelo y define su actividad química y biológica e influye en el crecimiento y la producción de biomasa. También la sensibilidad o tolerancia de las especies, desempeña un papel crucial en su desarrollo y crecimiento.

Maza *et al.*, (2021) reportó valores de pH superiores a 7,0 en las zonas semiáridas de Ecuador y destacan que estos valores son típicos en zonas donde las escasas precipitaciones y alta tasa de evapotranspiración hacen que exista poco lavado, por lo cual las bases cambiables del suelo se acumulen superficialmente y originen valores altos de pH.

En el caso de la materia orgánica no se encontró diferencia significativa entre las parcelas analizadas, las cuales alcanzan valores que clasifican este indicador como altos (MINAG, 1984), comportamiento que pudieran estar relacionados con los aportes de los residuos que se depositan sobre y dentro del suelo; cuya composición es muy variada según el origen y la intensidad de los procesos que contribuyen a su descomposición.

El mayor contenido de materia orgánica en el suelo la obtuvo en el área degradada, esto pudiera relacionarse con que el área es utilizada como pastoreo animal que incorporan estiércol y el aporte de la hojarasca.

Resultados similares obtuvieron Novillo *et al.*, (2018) quienes alcanzaron los mayores contenidos de materia orgánica se observaron en la superficie del suelo bajo pastoreo.

En la tabla 4 se muestran los resultados del análisis del fósforo y el potasio asimilable, donde en el caso del fósforo no se encontró diferencia significativa entre los tratamiento, no

ocurriendo así para el potasio donde entre el área restaurada y la degradada se encontró diferencia entre sí pero ambas superan significativamente al bosque natural.

Los valores de fósforo para todos los casos se clasifican de altos, resultados que pudieran estar influenciados por lo niveles de materia orgánica encontrados, los cuales son producto a la acumulación de hojarasca en esta área, en tal sentido Verhulst *et al.*, (2015), destaca que el fósforo del suelo pueden variar en dependencia del humus y la materia orgánica, presente en el suelo.

Tabla 4. Comportamiento del fósforo y el potasio asimilable en las parcelas trabajadas en el matorral xeromorfo costero y subcostero

Tratamientos	K ₂ O (mg/100g)	P ₂ O ₅ (mg/100g)
Área degradada	49,38a	8,64a
Área restaurada	42,08a	9,50a
Bosques naturales	27,4b	7,47a
ESx	2.68655	0.887982

Medias con letras iguales no difieren entre si

Estos valores pueden estar en la descomposición de los minerales contenidos en las rocas, a partir de los cuales se ha formado el suelo, y el procedente de la descomposición de animales y vegetales (materia orgánica).

(Oroa, 2019) señaló que el potasio no intercambiable puede estar disponible para las plantas en cantidades significativas, a corto, mediano o largo plazo; y que la mayor parte del potasio absorbido por los cultivos extractores proviene de la forma no intercambiable. Este autor también expuso que en varios estudios realizados en suelos arenosos, se evidenció que el potasio utilizado por las plantas tendió a ser liberado de los feldespatos.

Los resultados mostraron que los cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, indicando la necesidad de implementar acciones de conservación y mejoramiento

de estos suelos, con medidas como la aplicación de abonos orgánicos, reforestación con especies resistentes a estas condiciones, disminución del pastoreo además de estimular la regeneración natural con especies propias de estos ecosistemas.

Conclusiones

Los resultados evidencian que los indicadores químicos se encontraron algunas diferencias entre el área restaurada, el área degradada y un bosque natural en cuanto al potasio, y el pH, los valores de fósforo para todos los casos se clasifican de altos al igual que la materia orgánica, avalando un aumento de la fertilidad. Los indicadores físicos, manifiestan que presentan cierto grado de degradación, reflejado por altos niveles de compactación.

Los cambios en el uso del suelo del bosque natural al área degradada causan cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo.

Bibliografía

- Aguilar, M. & Ramírez, W. (eds.) (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IavH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp. Arshad M. A., & S. Figueredo, L. M., & Reyes. O. J. (2015). Riqueza florística, endemismo y formas de vida de los bosques y los matorrales de las terrazas costeras de la Reserva de la Biosfera Baconao, Cuba. *Caldasia* 37 (1): 31-45p.
- Hillel, D. (2013). Introduction to soil physics. New York: *Academic Press*. 364. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.042>
- INSMET, (2022). *Caracterización climática de la zona de La Chivera, Imías*. INSMET. Guantánamo. Manuscrito no publicado.
- Leyva, S., Baldaquín, A. Reyes, M. (2018). Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. *Revista Ciencia Agrícola*. 35(1):36-47. [online] Available at: doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81>. (Accessed: 19 de September 2023)
- Li., Y. & Shao., M. A. (2006). Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Environments* 64: 77-96.

- Limeres, T., Borges, O., Cintra, M., Fernández, I., Blanco, A., Aguilar, Y., Salles, M. E., Pons, B. Y., Baza, R., Veranes, E., (2015). Experiencias y desafíos. Área de intervención Guantánamo Informe final Proyecto 1 OP-15 "Manejo Sostenible de Tierras. Edit. AMA. La Habana. 150p.
- Maza, J.E., Sánchez, A.W., Añazco, H.E., & García, J. A. (2021). Estudio de las características físico-químicas del suelo en áreas prioritarias de la reserva ecológica Arenillas. *Revista Científica Agro -ecosistemas*, 9(3), 30-40 Disponible en: <https:aes.ucf.edu.cu/index.php /aes/article/view/491> (Consultado: 19 de septiembre 2023)
- Martin. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems y Environment* 88:153–160.
- Martínez, M. Á., Osuna, E. S., & Espinosa, M. (2019). Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 765–778.
- McKinley V. L., A. D. Peacock, y D. C. White. (2005). Microbial community PLFA and PHB responses to ecosystem restoration in tall grass prairie soils. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1946-1958
- Ministerio De La Agricultura. (1984). Manual de Interpretación de los Índices Físicos, Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. Dirección General de los Suelos y Fertilizantes, C. Habana. Cuba.
- Neina, D. (2019). The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. *Appl. Environ. Soil Sci.* Article ID 5794869. Disponible en: [doi:https://doi.org/10.1155/2019/5794869](https://doi.org/10.1155/2019/5794869) (Consultado: 1 de septiembre 2023)
- Normas cubanas 32, (2008). Determinación de pH (H₂O), método potenciométrico, con relación suelo: solución de 1:2.5. Manuscrito no publicado.
- Normas Cubanas 51: (1999). Calidad del suelo. Análisis químicos. Determinación del porcentaje de Materia orgánica. 11p. Manuscrito no publicado.
- Normas cubanas 52, (1999). Determinación de fósforo y potasio asimilable (mg.100g⁻¹) por extracción con carbonato de amonio al 1%, con solución de suelo 1:20. Manuscrito no publicado.

- Normas cubanas -ISO 10390: (1999). Calidad del suelo. Determinación de PH (H₂O), método potenciométrico, con relación suelo: solución de 1:2.5. no. 3, pp. 283-296. Manuscrito no publicado.
- Novillo, I. D.; Carrillo, Z., Manuel D., Cargua, J. E., Moreira, V., Solarte, K. E.; Intriago, F.L., (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador Temas Agrarios, vol. 23, núm. 2, Julio-, pp. 177-187 Universidad de Córdoba Colombia Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1301> (Consultado: 8 de julio 2023)
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: *Society for Ecological*. Disponible en: [Http. www.ser.org](http://www.ser.org) (Consultado: 6 de junio 2023)
- Tapia, R., J. Carmona Crocco & M. Martinelli. (2022). Evaluación de la infiltración en dos complejos suelo-vegetación en el Monte de San Juan (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 57: 769-784.
- Urquiza, M. N., Maestre, A., Herrero, G. & Febles, G. (2003). Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. CIGEA. La Habana. 52 pp.
- USDA, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo Disponible en: <http://soils.usda.gov/sqi>. (Consultado: 5 de febrero 2020)
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, Vol.16, Núm.2.26 p. Disponible en <http://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/rt/printerFriendly/19280/28009>. Consultado 2 de mayo 2017.
- Vargas, E. R., & Céspedes, R. (2019). Clasificación de suelos según la aptitud de riego en la estación experimental Patacamaya. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 72–80
- Verhulst, N; François, I; Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservación: ¿Mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? México. CIMMYT. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4408/56985.pdf> (Consultado: 5 de febrero 2023)