

MANEJO AGROECOLÓGICO DE SUELO EN EL CULTIVO *THEOBROMA CACAO L.*  
UBPC JOSÉ MACEO, MUNICIPIO BARACOA.

AGROECOLOGICAL MANAGEMENT OF SOIL IN THE CULTIVATION *THEOBROMA CACAO L.* UBPC JOSÉ MACEO, MUNICIPALITY BARACOA.

Manuel de Jesús Castillo Gámez, Universidad de Guantánamo, Cuba.  
[manuelcg@cug.co.cu](mailto:manuelcg@cug.co.cu)

Wilber Ortiz Gómez, Unidad Básica de Producción Cooperativa “José Maceo Grajales”,  
Cuba

## Resumen

La investigación se realizó en el período 2016 - 2018 en fincas de la UBPC José Maceo, municipio Baracoa, Provincia Guantánamo con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes medidas de mejoramiento y conservación de suelos y rendimientos de cacao en producción. Se levantaron parcelas de 500m<sup>2</sup> (20 m x 25 m). Suelo pardo, pendiente de 30%. Para determinar el efecto de las medidas aplicadas se estudiaron cuatro tratamientos, con 3 réplicas cada uno montados en diseño bloques al azar. Testigo sin medidas; Barreras vivas + barreras muertas, Barreras vivas + barreras muertas+ materia orgánica (20 Libras) a cada plantas en terrazas individuales, y Barreras vivas + barreras muertas + materia orgánica (20 Libras) en terrazas individuales + Abono verde (Canavalía) todas en curvas a nivel. Se evaluaron por tratamiento el contenido de materia orgánica, fósforo, potasio y el pH. Los resultados demostraron un impacto positivo en las propiedades del suelo donde se aplicaron las medidas respecto a las áreas donde no se realizaron prácticas de manejo. Los rendimientos productivos a nivel experimental se incrementó significativamente en 0,80 t/ha y la finca en 1.18 t/ha. Se concluyó que el tratamiento con la aplicación de prácticas integrales para el desarrollo de una agricultura agroecológica que incluyó canavalia fue apropiada para reducir pérdidas de suelo, suprimir malezas, aumentar la materia organica, y sustituir insumos externo. Las medidas demuestran que estas prácticas constituyen alternativa importante de producción sostenible para la seguridad y soberanía alimentaria que trascienden el ámbito económico, social y ambiental.

**Palabras claves:** abono verde, materia orgánica, medidas de conservación, rendimiento.

## Abstract

The research was carried out in the period 2016 - 2018 on farms of the UBPC José Maceo, Baracoa municipality, Guantánamo Province with the aim of evaluating the

effect of different measures of improvement and conservation of soils and cocoa yields in production. Plots of 500m<sup>2</sup> (20 m x 25 m) were erected. Brown soil, slope of 30%. Four treatments were studied to determine the effect of the applied measures, with 3 replicas each mounted on random blocks design. Witness without action; Living barriers + dead barriers, Living barriers + dead barriers + organic matter (20 Pounds) to each plant on individual terraces, and Living Barriers + Dead Barriers + Organic Matter (20 Pounds) on individual terraces + Green Fertilizer (Canavalía) all in contours. The content of organic matter, phosphorus, potassium and pH were evaluated by treatment. The results demonstrated a positive impact on soil properties where measurements were applied to areas where no management practices were performed. Production yields at the experimental level increased significantly by 0.80 t/ha and the farm by 1.18 t/ha. It was concluded that treatment with the application of comprehensive practices for the development of agro-ecological agriculture that included canavalia was appropriate to reduce soil losses, suppress weeds, increase organic matter, and replace external inputs. The measures demonstrate that these practices are an important alternative to sustainable production for food security and sovereignty that transcend the economic, social and environmental sphere.

**Keywords:** green manure, organic matter, measurements, conservation, performance.

## INTRODUCCIÓN

El empleo y manejo sostenible de los recursos naturales se ha convertido en un tema cada vez más importante en muchas regiones del mundo, con especial atención en el manejo de los suelos en la gestión adecuada de la agricultura en zonas de montaña (Durán *et al.* 2011). En las regiones tropicales la erosión hídrica constituye el proceso de degradación de suelos más importante (Moreira *et al.*, 2014). Por ello, la FAO (2014) indicó que uno de los principales problemas ambientales que limita la capacidad productiva del sector agropecuario es la de gradación de los suelos.

Uno de los retos que enfrenta la agricultura cubana es detener los procesos que degradan los suelos y que en muchas ocasiones en el orden económico son necesarias inversiones cada vez mayores para mantener los niveles de producción (Riverol y Aguilar 2015). En este contexto, el papel preponderante del suelo, motiva que su conservación y mejoramiento tengan un impacto decisivo desde el punto de vista económico, medioambiental y social (Riverol *et al.* 1999 y 2001).

En la actualidad, más del 40 % de los suelos cubanos presentan afectaciones por erosión (Pérez *et al.* 1990) y si se refiere a la erosión potencial, ese porcentaje se eleva hasta el 56 % (Riverol y Aguilar 2015), lo cual es alarmante si se considera que el primer signo de la reacción en cadena desatada por este factor es la disminución del rendimiento agrícola. Por lo anterior y en correspondencia con las dificultades económicas que ha enfrentado el país, se han tenido que buscar alternativas para frenar este fenómeno, mantener los rendimientos de los cultivos, mejorar la calidad de los suelos y compensar además la falta de fertilizantes minerales.(Fuentes y Martínez 2015).

Fuentes y Martínez (2015) también afirmaron que entre las alternativas se encuentran, la aplicación de medidas temporales y permanentes anti erosivas, utilización de diferentes portadores de materia orgánica en los suelos, la búsqueda de una mayor eficiencia en el aprovechamiento de estos portadores, el empleo de los abonos verdes y el uso de los biofertilizantes.

El cultivo del cacao en Cuba se desarrolla fundamentalmente en la pre cordillera de los macizos montañosos Nipe-Sagua-Baracoa y Sierra Maestra, además del creciente desarrollo en la zona Central y Occidental (Márquez, 2010.) con un rendimiento promedio que no sobrepasa las 0.39 t.ha<sup>-1</sup> (ONEI, 2018). Estos son considerados ecosistemas frágiles, en los cuales el desarrollo agrícola depende de un alto grado de eficiencia y cuidado para no romper el equilibrio existente. A todo lo anterior se adiciona el agravamiento del cambio climático como un riesgo adicional para la degradación de los suelos y de agua (FAO, 2014) que constituye uno de los fenómenos que aumentan la degradación de los suelos y que se observan favorecidas por las acciones antrópicas como lo son el uso de prácticas agrícolas no sustentables que provocan entre otras afectaciones la pérdida de la cobertura vegetal y la biodiversidad.

Los sistemas productivos tienen límites, pero estos pueden mejorarse cuando se maneja la integridad y la capacidad productiva del sistema y son suficientemente diversos para tolerar los cambios (Ayarza 2015).

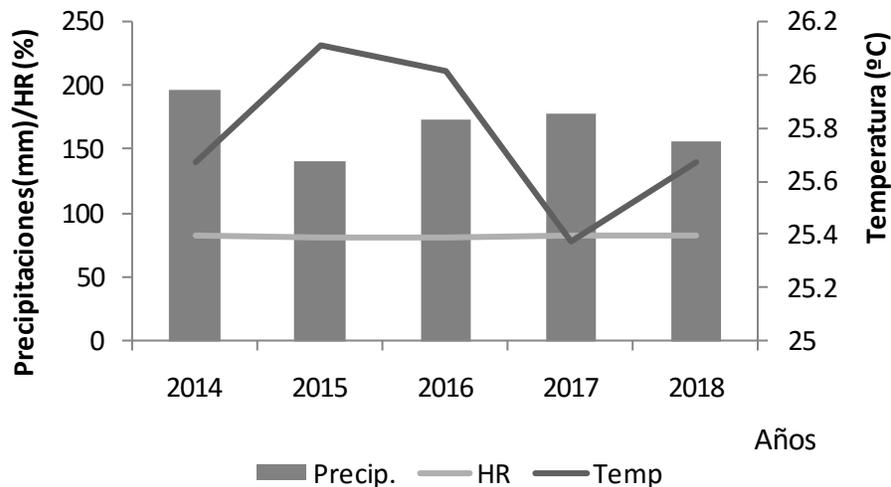
Frente a este panorama surge la necesidad de mejorar gradualmente la sostenibilidad en la gestión de los recursos naturales como el suelo a nivel local a fin de lograr un desarrollo sostenible por medio de alternativas de manejo agroecológico que permita su conservación y mejoramiento. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo establecer alternativas de manejo agroecológico de suelos en agroecosistema frágil montañoso de *Theobroma cacao* L. en la UBPC José Maceo Grajales del municipio Baracoa, provincia Guantánamo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se realizó durante el período 2016 – 2018, en la Finca Escuela de la UBPC José Maceo Grajales, ubicada en la localidad del Jamal, municipio Baracoa. Se localiza en los 20°16'34,65" latitud norte y 74°25'32,35" de longitud oeste a 23 msnm. El agrupamiento de suelo es Pardo sialítico, tipo pardo, subtipo ócrico (Hernández *et al.*, 2015) y se caracteriza por presentar un perfil ABC con presencia de un horizonte principal de diagnóstico B sílico, de mediano a poco profundos. Relieve ondulado a alomado, con pendiente de un 30%.

El clima en esta región ha mostrado una precipitación media anual entre 1500-1800 mm, con valores superiores en periodo lluvioso tal y como se muestra en la figura 1 donde se presentan las precipitaciones medias anuales, temperaturas y humedad relativa calculadas para el período 2014-2018 (5 años). Por lo tanto, se considera una zona muy lluviosa dentro del macizo montañoso Nipe Sagua Baracoa, con los presumibles efectos sobre la agroproductividad de los suelos. La temperatura media

anual es entre 25.7-30 °C, con una humedad relativa entre 80-83 % (Estación Meteorológica del Jamal, Baracoa, 2018).



**Figura 1. Climograma de la zona objeto de estudio en los últimos 5 años estación meteorológica del Jamal, Baracoa, 2018.**

En el territorio, la mayor parte de las precipitaciones oscilan entre 1 200 y 2 200 mm con un promedio anual de 1 800 mm. Este comportamiento se encuentra dentro de los límites considerados para el desarrollo del cultivo, pues el mismo requiere de precipitaciones con valores mayores a 1 200 mm anuales. Es la zona más lluviosa del país lo cual no se comportan como en el resto de la región y otras zonas montañosas del país. Presumiblemente, lo anterior se debe a la ubicación geográfica de este territorio, pues la vertiente norte recibe directamente los efectos de los vientos alisios del Noreste y del Este-Noreste cargado de humedad, que al chocar con este sistema orográfico, provoca la incidencia de una mayor cantidad de precipitaciones en la parte norte a diferencia con su similar del sur (Solano *et al.*, 2003). Por lo que se denota un aumento gradual de las lluvias a medida que aumenta la altura. Por lo tanto, se requieren medidas de conservación de suelos que puedan disminuir el efecto sobre la superficie del suelo.

El territorio presenta una temperatura media anual que oscila entre 19 y 27 °C, y un promedio mensual de 25,6 °C. De forma general, el comportamiento de esta variable climática en la región suple las exigencias del cultivo, pues el mismo requiere de una temperatura promedio óptima de 25 °C.

### **Metodología de la investigación y diseño experimental**

Se levantaron parcelas de 500m<sup>2</sup> (20 m x 25 m) dentro de plantaciones de cacao en producción con una edad de 15 años del clon UF650 propagado por injerto. Se montó sobre un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro replicas. Los tratamientos fueron:

1. Barrera viva + barrera muerta
2. Barrera viva + barrera muerta + Materia Orgánica
3. Barrera viva + barrera muerta + Materia Orgánica + *Canavalia ensiformis* L.
4. Testigo absoluto (sin ninguna medida).

**Barreras Vivas:** La planta utilizada como barrera viva fue la *Aralia (Aralia elegans)* establecida mediante estaca con una longitud aproximada de 40 cm a una distancia de 12 m entre barreras en época de primavera y con el suelo húmedo (Márquez, 2010). Las estacas fueron dispuestas en hoyos trazados siguiendo la curva de nivel por cada tratamiento. Cada año de ejecución de la investigación se realizaron resiembras para mantener compactas las barreras. Se realizó además podas de formación para dejarlas como mínimo a una altura entre 0.80 a 1 m.

**Barreras Muertas:** Como barreras muertas se utilizaron todos los residuos vegetales gruesos y biomasa existente en el propio agroecosistema cacaotero. Los tallos de plátano, pencas de palma, troncos y ramas de podas del propio cultivo, se acordonaron a una distancia de 12 m según propuesta de Márquez (2010). Fueron aprovechados además los troncos y biomasas dejadas por los efectos del huracán Mathew. Las barreras fueron aseguradas con estacas para garantizar su estabilidad y uniformidad.

**Materia orgánica:** La fuente de materia orgánica empleada fue la cáscara de cacao descompuesta en las fosas de cosecha. La misma se aplicó a razón de 10 kg por planta cada seis meses, por lo que se realizaron dos aplicaciones en forma de terraza las que se protegió en los laterales con tallo de plátano según condiciones naturales para su conservación.

**Abono verde:** Como abono verde se utilizó la biomasa descompuesta de la especie *Canavalia ensiformis* L. La misma se sembró con semillas que tuvieron un 95 % de germinación a un marco de 0.50x0.20 m, al mes se realizó la primera limpia y se mantuvo durante 120 días en crecimiento y desarrollo vegetativo hasta la floración homogénea donde se cortó la biomasa aérea y se depositó sobre la superficie del suelo como cobertura.

El testigo constituyó una parcela de igual superficie y en las mismas condiciones que la parcela donde se montaron los tratamientos con las técnicas de conservación pro sin la aplicación alguna de las medidas de conservación y mejoramiento.

**Muestras de suelos:** Se realizaron dos muestreos de suelos, al principio y al final de la experiencia. Las muestras de suelos fueron tomadas en cada parcela por el método de zigzag según el protocolo metodológico del Instituto de Suelos (2018). Se tomaron 15 submuestras que se mezclaron para obtener 1 kg previamente identificada y enviada al laboratorio de suelos de la provincia, donde se realizaron los siguientes análisis: materia orgánica (por el método Colorimétrico), fósforo (Oniani por Colorimetría) y potasio (Oniani por Fotometría de llama).

## **Variables evaluadas en la planta de cacao**

**Rendimiento agrícola e industrial:** Se determinó por la metodología del Ministerio de la Agricultura para el cacao (GEAM, 2010), para lo cual cuantificó la cantidad de mazorcas cosechadas durante el periodo de la investigación y fue transformada en tonelada por hectárea de cacao seco a partir del peso de su producción de cacao en pulpa.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de las evaluaciones del análisis químico al suelo (Tabla 1) mostraron que al inicio de la investigación (primera evaluación) el pH fue ácido en las parcelas donde se ubicaron todos los tratamientos, lo cual significa un aspecto de interés agrícola por los efectos de esta condición edafológica sobre el potencial agrícola del suelo. Sin embargo, trascurrido el periodo de la investigación toda vez que fueron aplicadas las medidas de conservación y mejoramiento de los suelos según los tratamientos, el pH mejoró a un estado neutral. La parcela donde se estableció el testigo el pH continuó siendo neutro.

De las tierras cultivables en el mundo, el 40 % son suelos ácidos con pH menor a 5,5 los cuales se localizan particularmente en las regiones de clima tropical. El suelo se acidifica debido a las reacciones del agua con  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $NO_3^-$ , que liberan  $H^+$  a la solución (Fassbender & Bornemisza, 1994; Ji et al., 2014). En este contexto y referente al cultivo del cacao, diferentes autores han registrado que el crecimiento y la productividad del mismo se incrementa cuando se disminuye la concentración de  $Al^{3+}$ , lo cual puede aumentar el pH de 4,0 a 5,3 con mejores resultados si este suele ser fertilizado (Anda, Shamsuddin, & Fauziah, 2013; Da Costa & Sena, 2007).

Según datos del Instituto de Suelos (1989) el 51 % del área total de suelos ácidos está erosionado, lo cual es una evidencia de la incidencia del factor relacionado con la erosión de los suelos presente en el área de investigación antes de aplicar los tratamientos por efecto de las precipitaciones que han ocurrido históricamente en la zona de estudio (Figura 1). Lo anterior evidencia la importancia de aplicar medidas de conservación y mejoramiento del suelo para evitar pérdidas del mismo suelo y con ello retener las pérdidas de cationes entre los que se destaca el calcio y el magnesio que colaboran con la basicidad del suelo.

Es decir, el uso intensivo y continuo de los suelos sin aplicar buenas prácticas agroecológicas, sumado a los procesos degradativos antes indicados, constituyen las amenazas más fuertes que limitan la productividad de los suelos en estas zonas montañosas y que hoy recaen sobre los recursos naturales que se corre el grave riesgo de reducir en forma drástica la sostenibilidad de los agro ecosistema en este caso del cacao.

**Tabla 1. Resultados de los análisis químicos al suelo en las parcelas experimentales**

Evaluaciones	Tratamientos y clasificación			
	1	2	3	4
	Comportamiento del pH			
1era evaluación	3.85	4.07	4.06	3.7
2da evaluación	6.47	6.40	6.95	3.7
	Contenido de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
1era evaluación	9.96	9.61	9.05	9.67
2da evaluación	6.60	11.77	14.90	8.97
	Contenido de K <sub>2</sub> O			
1era evaluación	31.95	32.8	41.3	17.05 mediano
2da evaluación	48.75 16,8	48 15,2	49.7 8,4	17.82
	Contenido de Materia orgánica (%)			
1era evaluación	4.96	5.22	5.60	4.55
2da evaluación	4.26	5.22	6.04	2.37

El mayor aumento se obtuvo en el tratamiento 3 donde se aplicaron de forma combinada las labores de conservación y mejoramiento del suelo por efecto de la materia orgánica y el abono verde aplicado. Por lo tanto, las medidas aplicadas de mejoramiento de las fertilidad del suelo de conjunto con las medidas de conservación y protección hicieron posible mejorar la acidez del suelo y por ende aumentar su productividad.

Sin embargo, los resultados del análisis referente al contenido de fósforo indicaron el mantenimiento de contenidos muy bajos en el suelo, a pesar de que se obtuvo un discreto aumento de dichos contenidos en la segunda evaluación realizada después de aplicados los tratamientos, que incluyó además al testigo donde no se aplicó medida alguna de conservación de suelo y donde se obtuvo una discreta disminución del contenido de fosforo.

El fósforo es un elemento escaso en la naturaleza. El contenido total de fósforo en la capa superior del suelo varía entre 50 a 3000 mg kg<sup>-1</sup> (Sims y Pierzynski 2005). El P absorbido por las plantas alcanza solamente un 0.1% del total (Chen et al. 2006, Sample et al. 1980), y está representado por los iones ortofosfato H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> y HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Walker y Syers 1976, Foth y Ellis 1997). En la mayoría de suelos el P en solución es insuficiente para cubrir los requerimientos de la planta (Kirkby y Johnston 2008).

En cuanto al contenido de potasio, por lo general en todos los tratamientos el suelo tuvo tenores altos a excepción del testigo donde se evaluaron contenidos medios de este elemento desde el inicio hasta el final de la investigación. No obstante, los mayores aumentos se obtuvieron en el tratamiento 1 seguido del tratamiento 2, lo cual significa que no se obtuvo un efecto significativo de la combinación de las medidas de conservación y mejoramiento (tratamiento 3) en comparación con la simple aplicación

de las medidas de conservación y protección del suelo (barreras vivas y muertas). Lo anterior pudo ser motivado por la disminución de los arrastres de la hojarasca por la erosión y el mantenimiento de la biomasa en descomposición en el agroecosistema cacaotero, lo que significa un mejor aprovechamiento de las hojas de cacao en descomposición y ricas en este elemento.

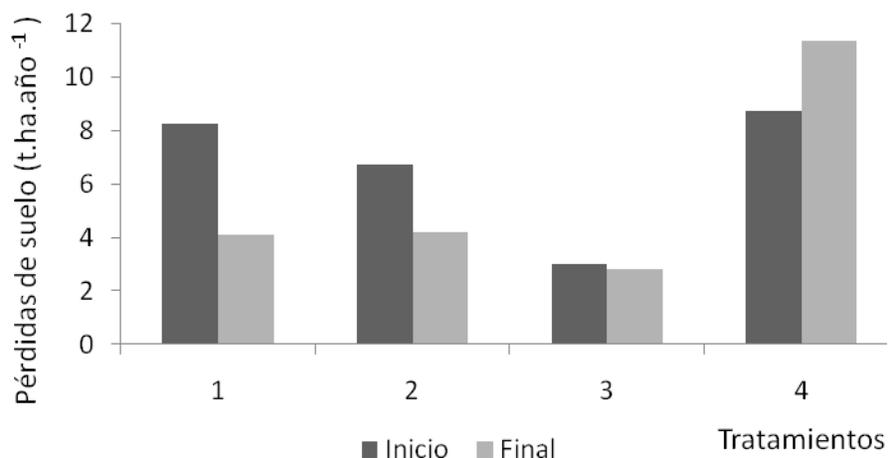
Por otra parte, el contenido de materia orgánica en todos los tratamientos con la excepción del testigo, fue alta durante todo el periodo de la investigación. No obstante, se significa un aumento del contenido de materia orgánica en el tratamiento donde fueron aplicadas de forma combinada las actividades de mejoramiento del suelo con la fuente de materia orgánica aplicada y el abono verde. En este contexto, el suelo donde se estableció el testigo continuó con una franca disminución de la materia orgánica por la no aplicación de medida alguna de conservación y mejoramiento del suelo.

Los resultados proporcionan un fuerte soporte al argumento de que con un manejo agroecológico de suelos con los tratamientos tratados incluyendo el abono verde podemos mejorar, conservar y lograr un desarrollo sostenible y mejorar los rendimientos productivos en agro ecosistemas cacaoteros, considerando además el uso de fuentes de materias orgánica locales (cáscara descompuesta de cacao) que hacen posible la disminución del costo de producción y aumento de la sostenibilidad.

### **Rendimiento productivo a nivel experimental**

Unos de los factores que influyó en las pérdidas de la capacidad productiva de los suelos en la zona de investigación y que afecta los rendimientos del cultivo es la erosión hídrica. La pendiente unido a las abundantes precipitaciones que suceden en la región, han hecho posible constantes arrastres de la lámina superficial del suelo ocasionando la pérdida de la capacidad productiva y su fertilidad demostrada con anterioridad por los contenidos de fosforo, potasio y materia orgánica.

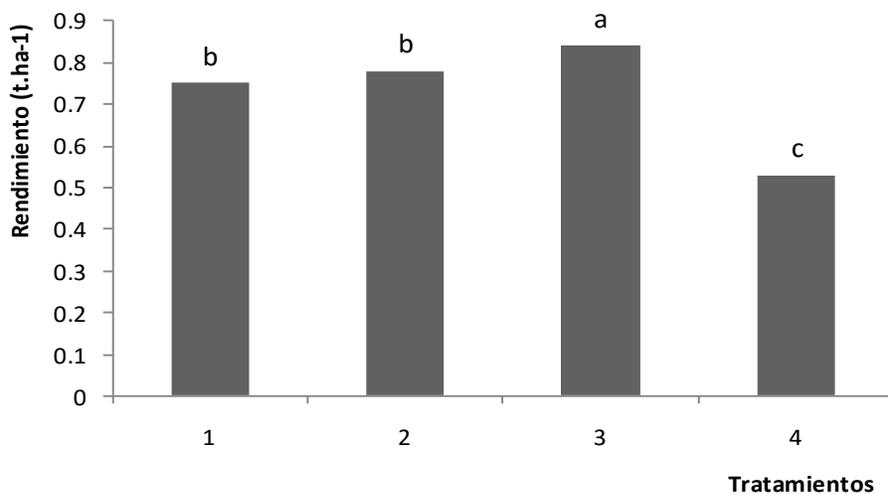
Las mayores pérdidas de suelo ocurrieron en el tratamiento testigo (Figura 2) donde se observó aumentada estas pérdidas desde el inicio hasta el final de la investigación. Por motivo del efecto de los tratamientos 1, 2 y 3 las pérdidas de suelo fueron disminuidas lo cual evidencia el positivo efecto de las medidas de conservación, protección y mejoramiento de los suelos en el agroecosistema cacaotero como parte del manejo agroecológico del mismo. Riverol (2007) indicó que cuando son implementadas prácticas integrales tanto temporales como permanentes, tiene un efecto positivo en la detención del proceso acelerado de la degradación de los suelos.



**Figura 2. Efecto de los tratamientos en las pérdidas de suelo por erosión.**

Diferentes autores han reportado pérdidas superiores a las 20 t.ha<sup>-1</sup> cuando no se aplican medidas para la conservación del suelo frente estos eventos. Aguilar et al., (2001) reportan pérdidas superiores a las 30 t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en los suelos Pardo Sialíticos del Norte de La Habana, a pesar de la alta resistencia antierosiva de estos suelos.

Al medir el efecto de los tratamientos sobre los rendimientos del cacao (Figura 3) se determinaron diferencias estadísticas significativas entre los mismos a favor del tratamiento 3 cuyos rendimiento promedio (0.84 t.ha<sup>-1</sup>) fue superior al promedio nacional (0,39 t.ha<sup>-1</sup>). Por otra parte, los más bajos rendimientos se calcularon en el tratamiento testigo cuyo resultado se encuentra relacionado con lo discutido anteriormente.



**Figura 3. Rendimientos del cacao en cada tratamiento por cada bloque experimental.**

Las alternativas de manejo agroecológico de los suelos aplicadas en la presente investigación, cobran en la actualidad una gran importancia ante los efectos de los

cambios climáticos donde las precipitaciones en muchas zonas son cada día más intensas. Las medidas combinadas de protección, conservación y mejoramiento de los suelos constituyen en la actualidad una salida ante la crisis de fertilizantes y a la mitigación de los efectos del clima como parte además de mantener una producción de cacao dentro del margen de la agricultura ecológica y sostenible donde solo puede ser obtenida mediante el manejo integrado de sus alternativas. Al respecto Muñoz, (2004) señaló que el enfoque del Manejo Integrado de la Nutrición de los cultivos se fundamenta en el manejo de las diferentes fuentes de nutrientes con alternativas visualizadas al uso de los abonos orgánicos, abonos verdes, el reciclaje de los residuos de cosecha y biofertilizantes, con el fin de optimizar la eficiencia en el suministro de los nutrientes a los diferentes cultivos y a la vez, preservar el suelo como principal recurso natural para las generaciones futuras.

## CONCLUSIONES

1. Las medidas de conservación, protección y mejoramiento de los suelos, influyeron en el mejoramiento de algunas propiedades químicas del suelo en el agroecosistema cacaotero, con el consiguiente efecto en la disminución de las pérdidas de suelo por la erosión hídrica.
2. Dentro de los tratamientos estudiados, la combinación más adecuada para considerar un manejo agroecológico del suelo en plantaciones de cacao es la aplicación de las barreras vivas y muertas, más la materia orgánica y los abonos verdes (Tratamiento 3) con rendimiento de hasta 0.84 t.ha<sup>-1</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Y., Castro N, Peña F, Riverol M. (2001). Cuantificación de la erosión y medidas para su control y estabilización en la finca La Rosita al norte de la provincia de la Habana. En XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín No 4. 195p ISSN 1609-1876 (C.D) Amore E, Modica C, Nearing M
- Anda, M., Shamsuddin, J., & Fauziah, C. I. (2013). Increasing negative charge and nutrient contents of a highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. *Soil and Tillage Research*, 132, 1-11.
- Ayarza, MÁ. 2015. Manejo integrado de suelos en zonas subhúmedas y húmedas (diapositivas). CO, CORPOICA. Disponible en <http://www.iica.int/es/eventos/manejo-integrado-de-suelos-para-sistemas-agr%C3%ADcolas-resilientes-al-cambio-clim%C3%A1tico>
- Chen, Y; Rekha, P; Arun, A; Shen, F; Lai, W; Young, C. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology* 34:33–41

- Da Costa, M. I., & Sena, S. (2007). Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(7), 957-963.
- Durán, Z.V.H., Rodríguez, P.C.R., Flanagan, D.C., García, T.I., Muriel, F.J.L. 2011. Sustainable land use and agricultural soil. En: Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation, Sustainable Agriculture Reviews 6, (ed. Lichtfouse, E.), pp. 107-192, Springer Science + Business Media BV, Países Bajos.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Noticia América Latina y el Caribe celebra el Año Internacional de los Suelos.
- Fassbender, H., & Bornemiza, E. (1994). Química de suelos: con énfasis en América Latina (2.a Ed.). San José, Costa Rica: IICA.
- Foth, H; Ellis, B. 1997. Soil Fertility. 2 ed. Boca Raton, Florida. CRC Press. 290 p.
- Fuentes A, Martínez F. 2015. Indicaciones prácticas para la conservación, mejoramiento y fertilización de los suelos. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación
- Grupo Empresarial de Café y Cacao (GEAM, 2010) Dirección de café y cacao. Historial de campo. La Habana, Cuba.
- Hernández *et al* (2015) Clasificación de los suelos de cuba. Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA). Instituto de suelos, Ministerio de la Agricultura (MINAG).
- Instituto de Suelos (2018). Metodología para toma de muestra. Laboratorio Provincial de suelos, Guantánamo
- Instituto de Suelos. 1989. Mapa Nacional de Suelos de Cuba a escala 1: 25 000. Documentos y hojas cartográficas. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos
- Ji, C., Yang, Y., Han, W., He, Y., Smith, J., & Smith, P. (2014). Climatic and edaphic controls on soil pH in alpine grasslands on the Tibetan Plateau, China: *A quantitative analysis*. *Pedosphere* 24(1), 39-44.
- Kirkby, E; Johnston, A. 2008. Soil and fertilizer phosphorus in relation to crop nutrition. In Hammond, JP; White, PJ. eds. The ecophysiology of plant–phosphorus interactions. Dordrecht, Holanda, Springer. p. 177–223.
- Márquez, J, Aguirre M. Cacao con dominación de Origen. 2010. Metodología para su obtención en el Consejo Popular de Sabanilla en el Municipio Baracoa.
- MOREIRA-CÂNDIDO, B., M.L. NAVES-SILVA, N. CURI, P.V. GOMES-BATISTA. Erosão hídrica pós-plantioem florestas de eucalipto nabacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38: 1565-1575, 2014.

- Muñiz O. 2004. Hacia un manejo integrado de la nutrición de los cultivos: el caso cubano. En: Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Cartagena de Indias. En Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología. La Habana. Mayo, 2015.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información), Edición 2018, República de Cuba.
- Riverol M, Aguilar Y. 2015. Alternativas para reducir la degradación de los suelos en Cuba y el enfrentamiento al cambio climático. En Sembrando en tierra viva. Manual de agroecología (Martínez Oliva E, ed). La Habana, Cuba, pp117-132.
- Riverol M, Castellanos N, Peña F, Fuentes A. 2001. Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación Riverol M, Castellanos N, Peña F, Fuentes A. 2001. Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos (PNMCS). La Habana, Cuba: Instituto de Suelos. Agrinfor. Minag.
- Riverol M, Peña F, Cabrera E et al. 2007. Tecnología integral para el manejo de suelos erosionados. Instituto de suelos MINAG Cuba. Folleto. 39pp
- Riverol M, Peña F, Calcedo E, Hernández C, León G, Llanes JM, Aguilar Y. 1999. Informe Final del Proyecto uso y manejo de los suelos afectados por la erosión en los agroecosistemas de las provincias occidentales y centrales del país. Programa Nacional de Cambios Globales.
- Sample, E; Soper, R; Racz, G. 1980. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In Khasawneh, FE; Sample, EC; Kamprath, EJ. eds. The role of phosphorus in agriculture. USA, American Society of Agronomy. p. 263–310.
- Sims, J; Pierzynski, G. 2005. Chemistry of phosphorus in soil. In Tabatabai, AM; Sparks, DL. eds. Chemical processes in soil, SSSA book series 8. SSSA, Madison, USA. p. 151–192.
- Solano, O. /et al./ Zonificación de la precipitación en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 2003, vol. 10, no. 2, pp. 9-19. ISSN 0864-151X (D).
- Walker, T; Syers, J. (1976). The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma* 15:1–19.