

---

***EFECTO DE ABONOS ÓRGANO-MINERALES SOBRE LA CALIDAD  
DEL SUELO, IMPACTO EN EL RENDIMIENTO  
DE LA CAÑA DE AZÚCAR***

***EFFECTS OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS ON SOIL QUALITY AND  
THEIR IMPACT ON SUGARCANE YIELD***

*Pedro Cairo Cairo<sup>1\*</sup>, Joaquín Machado de Armas<sup>2</sup>, Oralfía Rodríguez López<sup>2</sup>  
y Alianny Rodríguez Urrutia<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> Universidad de Atacama. CRIDESAT Centro Regional de Investigaciones y Desarrollo Sustentable de Atacama, Copayapu 485, Copiapó, Chile.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní Km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Agosto 17, 2016; Revisado: Noviembre 30, 2016; Aceptado: Abril 14, 2017

---

**RESUMEN**

El trabajo se desarrolló en áreas cañeras de un Vertisol Pélico de la costa norte de la provincia Villa Clara, municipio de Sagua la Grande, con el objetivo de evaluar los efectos de abonos órgano-minerales sobre el Índice de Calidad del Suelo y su impacto en el rendimiento de la caña de azúcar. Se desarrollaron 3 experimentos con abonos orgánicos y minerales naturales: abonos orgánicos (compost, cachaza), minerales naturales (zeolita y caliza dolomítica). El diseño empleado fue de bloque en franjas. Se utilizaron los datos de análisis de suelos realizados a la profundidad de 0-20 cm en los experimentos. Se evaluaron los siguientes indicadores: materia orgánica, agregados estables, factor de estructura, permeabilidad, índice de calidad del suelo, rendimiento de la caña de azúcar. Se utilizó la herramienta estadística de matriz de correlaciones y evaluación económica. El manejo del suelo con abonos orgánicos y sus combinaciones con minerales naturales incrementan el Índice de Calidad de Suelo Aditivo desde 2,88 hasta 3,98. Los resultados obtenidos demuestran la estrecha relación existente entre abonos órgano-minerales, Índice de Calidad de Suelo rendimiento de la caña de azúcar y su impacto económico.

**Palabras clave:** estructura, índice de calidad del suelo, materia orgánica, rendimiento, vertisol

---

Copyright © 2017. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

---

\* Autor para la correspondencia: Pedro Cairo, Email: [pedro.cairo@uda.cl](mailto:pedro.cairo@uda.cl)

## **ABSTRACT**

This work was carried out in sugarcane fields with a vertisol pélico type composition in the north coast of Villa Clara province, in the municipality of Sagua La Grande, with the objective of evaluating the effects of organo-mineral fertilizers on the soil quality index and their impact on the sugar cane yield. Three experiments were carried out with organic fertilizers and natural minerals. The organic fertilizers used were compost and sugarcane sludge; and the natural minerals were zeolite and dolomitic limestone. The design used was blocks in fringes. In the experiments, data were used from a soil analysis carried out at depths of 0-20 cm. The following indicators were evaluated: organic matter, stable aggregates, structure factor, permeability, soil quality index, sugar cane yield. The statistical tool of correlations and economic evaluation matrix was used. Soil management with organic fertilizers and their combinations with natural minerals increase the additive soil quality index from 2.88 to 3.98. The results obtained demonstrate the close relationship between organo-mineral fertilizers, the soil quality index, the sugarcane yield and its economic impact.

**Key words:** structure, soil quality index, organic matter, yield, vertisol

## **1. INTRODUCCIÓN**

El deterioro de los suelos constituye uno de los problemas más apremiantes de la crisis alimentaria mundial. Este es mucho más acentuado y acelerado en regiones tropicales y subtropicales debido a las interacciones de las características de los suelos y el clima, con las prácticas inadecuadas de explotación agrícola (Rodríguez et al., 2016). Por tales razones es determinante la búsqueda de alternativas de recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo con criterio de sostenibilidad.

Los estudios contemporáneos sobre abonos órganos-minerales se han referido a mezcla de abonos orgánicos con fertilizantes minerales industriales (Osumah et al., 2011; Eifediyi et al., 2013; Adebayo et al., 2014; Dania et al., 2014). Sin embargo los trabajos donde se emplea mineral natural, como zeolita, caliza fosfatada, fosforita con abonos orgánicos llevan implícito una mayor sostenibilidad en el Agroecosistema (Colás y col., 2008).

La Calidad del Suelo definida por Karlen et al., (1997) como la capacidad del mismo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o modificado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire, del agua, y sostener la salud humana y el hábitat, constituye un paradigma contemporáneo para monitorear los procesos de degradación y recuperación de los suelos. El objetivo del trabajo consiste en evaluar los efectos de abonos órgano- minerales sobre el Índice Calidad de Suelo y su impacto en el rendimiento de la caña de azúcar.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Ubicación y descripción del área de estudio.**

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental de la Caña de Azúcar “Jesús Menéndez” en el municipio de Sagua La Grande provincia de Villa Clara. La mayor

parte del área de estudio está representada por Vertisoles, dentro de ellos predominan el Vertisol Pélico (Hernández y col., 2015). Las precipitaciones anuales alcanzan el valor de 1150 mm como promedio.

## **2.2. Experimentos desarrollados**

Se desarrollaron 3 experimentos con abonos orgánicos y minerales naturales: Abonos orgánicos (compost, cachaza), minerales naturales (zeolita ( $\text{Si Al}_3\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O KCa}$ ) y (caliza dolomítica  $\text{Mg Ca}(\text{CO}_3)$ ). El diseño empleado fue de bloques en franjas. De estos experimentos se seleccionaron 5 tratamientos a excepción del experimento de niveles de cachaza que se incluyeron todos los tratamientos. El criterio de selección de los tratamientos en los demás experimentos fue considerando el control sin fertilizante, NPK, mineral natural y combinaciones de abonos órgano-minerales.

### **2.2.1. Experimento, Niveles de cachaza.**

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: control sin fertilización (T), cachaza (Ca) 50 t/ha, cachaza (Ca) 100 t/ha, cachaza (Ca) 150 t/ha, cachaza (Ca) 200 t/ha). La variedad de caña de azúcar que se utilizó fue la Ja 60-5. La cachaza se aplicó de forma descompuesta al suelo, mezclándose completamente con la capa arable durante la preparación. El experimento se realizó en un área total de 2 492,4 m<sup>2</sup> (0,25ha).

### **2.2.2. Experimento 2. Niveles de caliza dolomítica y sus combinaciones con fertilizantes y abonos orgánicos.**

Los tratamientos seleccionados fueron los que siguen: control sin fertilización (T), NPK (100 – 60 – 200) kg/ha caliza dolomítica (CD) 2 t/ha, caliza dolomítica (CD) 4 t/ha + cachaza (Ca) 15 t/ha caliza dolomítica (CD) 4 t/ha + compost (Co) 4 t/ha. La variedad de caña de azúcar que se utilizó fue la Cuba 323-68. La caliza dolomítica se aplicó al suelo en bandas sobre el surco, al igual que los demás mejoradores. El experimento se realizó en un área total de 2 726 m<sup>2</sup> (0,27 ha).

### **2.2.3. Experimento 3. Niveles de zeolita y sus combinaciones con fertilizantes y abonos orgánicos.**

Los tratamientos fueron los siguientes: control sin fertilización (T), zeolita (Z) 15 t/ha, zeolita (Z) 7,5 t/ha + cachaza (Ca) 22,5 t/ha, zeolita (Z) 3 t/ha + cachaza (Ca) 18 t/ha, zeolita (Z) 7,5 t/ha+ NPK (100-60-200) kg/ha. La variedad de caña de azúcar utilizada fue Cuba 120 – 78. Los diferentes niveles de zeolita se aplicaron en bandas sobre el camellón de forma superficial. El experimento se realizó en un área total de 3 788m<sup>2</sup> (3,79 ha).

## **2.3. Métodos de análisis realizados al suelo.**

Se utilizaron los datos de análisis de suelos realizados a la profundidad de 0-20 en los experimentos, considerando los estudios realizados por (Andrew et al., 2002), (Cairo y col., 2010), (Cairo y col., 2012) para la selección indicadores e Índices de Calidad del Suelo. Los métodos de análisis de las propiedades consideradas como indicadoras de calidad de los suelos en estudio se describen a continuación: Coeficiente de la Permeabilidad (Log10K): Se realiza según el método de (Henin et al., 1958). Factor

Estructura % (FE): de acuerdo con (Vageler y Alten, 1931). Agregados Estables % (AE): por el método de (Henin et al., 1958). Materia orgánica: método colorimétrico de Walkey y Black por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.

#### **2.4. Índice de la Calidad del suelo**

El Índice de Calidad del Suelo usado en la presente investigación se basa en el trabajo de Andrews et al., (2002). Para obtener el Índice de Calidad de suelo, las observaciones de cada variable fueron transformadas a una escala de 0-1. El Índice de Calidad de Suelo Aditivo (ICSA) fue la sumatoria de las puntuaciones de las variables. Se asumió que una puntuación alta significaba una mejor Calidad de Suelo.

#### **2.5. Evaluación del rendimiento agrícola e industrial de la Caña de Azúcar**

Para el rendimiento agrícola se contó el número total de tallos molibles por parcela, luego se tomaron 5 tallos de cada parcela y se pesaron, finalmente con estos datos se calculó las t/ha caña. En el caso del rendimiento industrial se calculó a partir de la determinación del % de Pol en caña y se expresó en t/ha Pol.

#### **2.6. Análisis estadísticos.**

Con la base de datos obtenida se utilizó el paquete de programas profesional Statgraphics plus versión 5.0 y SPSS ver 11.0 sobre Windows 2000.

#### **2.7. Evaluación económica**

Se realizó una evaluación económica de los resultados, utilizando para ello las fórmulas:

$$VI = IP * PV \quad (1)$$

$$G = VI * CT \quad (2)$$

VI= Valor Incrementado (USD)

IP= Incremento Pol

PV= Precio de Venta (USD)

G= Ganancia (USD)

CT= Costo Total (USD)

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Relaciones entre las propiedades indicadoras de la Calidad del Suelo y el rendimiento en el Experimento 1.**

Los resultados de la Tabla 1 muestran las estrechas relaciones entre propiedades indicadoras de la Calidad del Suelo y el rendimiento de la caña de azúcar, tanto en toneladas de caña, como en toneladas de Pol por ha bajo las condiciones de un experimento con cachaza. Los valores R<sup>2</sup> encontrados oscilan entre 50 y 93 % y p Valor de (0,0005- 0,0000). El factor de estructura y los agregados estables son los indicadores que mejor expresan el grado de relación de las propiedades con el rendimiento y en sentido positivo. Estas propiedades unido a la materia orgánica determinan sobre la estabilidad de estructura y por lo tanto sobre una mayor resistencia del suelo a los

efectos de su degradación (Cairo y col., 2012, Lopes y col., 2016). Se ha demostrado por varios investigadores como (Eifediyi et al., 2013) que la utilización combinada de materia orgánica y minerales producen efectos muy positivos sobre la actividad biológica, formación de agregados y solubilidad de los nutrientes, lo cual se traduce en un mayor rendimiento. Cairo y col., (2012) concluyen que una de las medidas más eficaces para lograr la recuperación de un suelo independiente de su tipo y contenido de arcilla, en las condiciones tropicales y su respuesta en los rendimientos, lo constituye el empleo de abonos órgano-minerales.

**Tabla1.** Materia orgánica, indicadores estructurales y el rendimiento de la caña de azúcar

<b>Rendimiento t/ha</b>	<b>Propiedades</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
Caña	Factor de Estructura %	83,46	0,0000
	Materia Orgánica %	78,91	0,0000
	Agregados Estables %	93,48	0,0000
	Permeabilidad Log 10 K	50,14	0,0005
Pol en Caña	Factor de Estructura %	63,11	0,0000
	Materia Orgánica %	74,89	0,0000
	Agregados Estables %	85,91	0,0000
	Permeabilidad Log 10 K	54,47	0,0004

### 3.2. Abonos Órgano-minerales y Calidad del suelo.

La Calidad del Suelo como concepto expresa la capacidad del suelo para funcionar en armonía con el medio ambiente a través de indicadores que reflejen su carácter en dirección a una producción agrícola sostenible (Lal, 2015). En la Tablas 2 y 3 se muestran los Índice de Calidad del Suelo a partir de los indicadores de calidad seleccionados, (materia orgánica, agregados estables, factor de estructura y permeabilidad) según la metodología propuesta por (Andrews et al., 2002) para los 3 experimentos. En escala de 0 a 1, los valores más altos están presentes en los tratamientos que contienen materiales orgánicos o las combinaciones órgano-minerales, en comparación con el control sin fertilización o la fertilización química. Esto evidencia un aumento en la Calidad del Suelo objeto de estudio.

George (2006) al analizar el Índice de Calidad del Suelo y Aditivo para fincas de café orgánicos y convencional encontró que el valor para ambos Índices fue superior en el orgánico lo que pone de manifiesto la importancia de los aportes orgánicos al suelo así como su manejo en sentido general. Díaz (2005) al aplicar la metodología propuesta por (Andrews et al., 2002) en suelos Pardos Sialíticos obtuvo resultados similares cuando utilizó tratamientos combinaciones órgano-minerales en comparación con la fertilización química y el testigo sin fertilización. Se ha podido comprobar que cuando el Índice de Calidad Aditivo sobrepasa 3,90 considerando estos cuatro indicadores las respuestas sobre el rendimiento son elevados, en este caso todos indicadores están muy próximo a 1.

**Tabla 2.** Niveles de cachaza y su efecto sobre el Índice de Calidad del Suelo

<i>Tratamiento</i>	<i>Índice de calidad del suelo de las propiedades</i>				<i>ICSA</i>
	<i>MO</i>	<i>AE</i>	<i>FE</i>	<i>Perm</i>	
<i>T</i>	0,58	0,75	0,80	0,75	2,88
<i>Ca 50 t/ha</i>	1,00	0,99	0,98	1,00	3,98
<i>Ca 100 t/ha</i>	0,81	0,97	1,00	0,86	3,64
<i>Ca 150 t/ha</i>	0,83	1,00	0,91	0,82	3,56
<i>Ca 200 t/ha</i>	0,77	0,93	0,90	0,82	3,43
Efecto sobre el suelo	<b>Mayor es mejor</b>				

T- Control sin fertilización ICSA – Índice de calidad de suelo aditivo.

**Tabla 3.** Efectos de niveles de caliza dolomítica y sus combinaciones con abonos orgánicos sobre el Índice de Calidad del Suelo

<i>Tratamiento</i>	<i>Índice de calidad del suelo de las propiedades</i>				<i>ICSA</i>
	<i>MO</i>	<i>AE</i>	<i>FE</i>	<i>Perm</i>	
<i>T</i>	0,51	0,84	0,80	0,82	2,97
<i>NPK</i>	0,61	0,85	0,84	0,76	3,07
<i>CD 2 t/ha</i>	0,64	0,96	0,96	0,97	3,53
<i>CD 4 t/ha+Ca 15 t/ha</i>	0,97	0,97	0,97	1,00	3,87
<i>CD4 t /ha+Co 4 t/ha</i>	1,00	1,00	1,00	0,98	3,98
Efecto sobre el suelo	<b>Mayor es mejor</b>				

T- Control sin fertilización

### 3.3. Abonos órgano-minerales calidad de suelo rendimiento e impacto económico.

En las Tablas 4, 5 y 6 se muestran las relaciones existentes entre el manejo del suelo, la calidad de suelo rendimiento e impacto económico para en los 3 experimentos estudiados. En el primer caso (Tabla 4) todos los sistemas de manejo que incluyen la cachaza logran superiores resultados que el control sin fertilización. El sistema de manejo de suelo que mayor ICSA (3.98) y mejores resultados económicos obtuvo fue cachaza 50 t/ha. Con este tratamiento se alcanzaron casi 13 t/ ha de Pol más respecto al testigo, y sus ganancias son de más de 3600 Dólares en relación al mismo. Para el segundo caso (Tabla 5) resulta aún más elocuente el papel de manejo del suelo con abonos órgano-minerales sobre su calidad y su impacto en la producción sostenible de caña de azúcar, ya que usando recursos locales y residuos de la industria azucarera resultaron superiores a la fertilización con NPK.

En el experimento con niveles de zeolita y sus combinaciones con abonos orgánicos (Tabla 6) se aprecia que el manejo con zeolita ya sea sola o combinada incrementa la Calidad del Suelo en comparación al ICSA alcanzado por el control. El manejo de suelo con: Z 7,5 t/ ha + Ca 22,5 t/ha resultó ser el de mayores incrementos de Pol logrando 9,5 t/ha incremento con relación al control (2596 Dólares de ganancia).

Cairo y col., (2012) trabajando con otros mejoradores orgánicos y minerales han obtenido incrementos en Pol entre 3 y 4 t/ha en suelos bajo las mismas condiciones, esto

reafirma las ventajas económicas que pueden tener el uso de estas alternativas. Existen muy pocos estudios que relacionen el manejo del suelo con su calidad, el rendimiento y el impacto económico. Scott y Cooper (2002) realizaron una investigación muy detallada sobre la calidad del suelo la productividad y su impacto económico en suelos de Nueva Escocia Canadá, donde se demuestra la eficacia de las medidas para aumentar la materia orgánica y su impacto en la estructura, rendimiento y un mejor balance económico. Por otra parte Lal (2015) señala que la vía para lograr la estabilidad de la producción agrícola sustentable es a través del monitorio de la calidad del suelo.

**Tabla 4.** Niveles de cachaza sobre la Calidad del Suelo, rendimiento y su impacto económico

<i>Manejo de Suelo</i>	<i>ICSA</i>	<i>Costo total (USD)</i>	<i>Incremento del Pol (t/ha) respecto a T</i>	<i>Valor del incremento (USD)</i>	<i>Ganancia (USD/año)</i>
<i>T</i>	2,88	0,00	-	-	-
<i>Ca 50 t/ha</i>	3,98	350,00	12,93	4008,30	3658,30
<i>Ca 100 t/ha</i>	3,64	700,00	9,82	3044,20	2344,20
<i>Ca 150 t/ha</i>	3,56	1050,00	12,19	3778,20	2728,90
<i>Ca 200 t/ha</i>	3,43	1400,00	8,18	2535,80	1135,80

Precio de 1 t de pol 310 USD (Fuente Portal Caña Tucuman, 2016)

**Tabla 5.** Caliza Dolomítica y sus combinaciones con abono orgánico sobre la Calidad del Suelo rendimiento y su impacto económico

<i>Manejo de Suelo</i>	<i>ICSA</i>	<i>Costo total (USD)</i>	<i>Incremento del Pol (t/ha) respecto a T</i>	<i>Valor del incremento (USD)</i>	<i>Ganancia (USD/año)</i>
<i>T</i>	2,97	0,00	-	-	-
<i>NPK</i>	3,07	295	2,27	703,70	408,70
<i>CD 2 t/ha</i>	3,83	80	4,91	1522,10	1442,10
<i>CD 4t/ha+ Ca 15t/ha</i>	3,87	265	4,87	1509,70	1244,70
<i>CD4t/ha+ Co 4t/ha</i>	3,98	320	4,97	1540,70	1220,70

**Tabla 6.** Zeolita y sus combinaciones con abono orgánico sobre la Calidad del Suelo rendimiento y su impacto económico

<i>Manejo de Suelo</i>	<i>ICSA</i>	<i>Costo total (USD)</i>	<i>Incremento del Pol (t/ha) respecto a T</i>	<i>Valor del incremento (USD)</i>	<i>Ganancia (USD/año)</i>
<i>T</i>	3,20	0	0,00	-	-
<i>Z 15 t/ha</i>	3,82	375	4,49	1391,90	1016,90
<i>Z 7,5 t/ha + Ca 22,5 t/ha</i>	3,96	345	9,49	2941,90	2596,90
<i>Z 3 t/ha + Ca 18 t/ha</i>	3,87	201	7,96	2266,60	2065,60
<i>Z 15 t/ha+ NPK</i>	3,73	670	2,30	713	103

#### **4. CONCLUSIONES**

1. Se pudo comprobar que existe una estrecha relación entre las propiedades indicadoras de la calidad del suelo y el rendimiento de la caña de azúcar con algunos valores de  $R^2$  por encima del 80 % y Valores P de 0,0000.
2. El manejo del suelo con abonos orgánicos y sus combinaciones con minerales naturales incrementan el Índice de Calidad de Suelo Aditivo desde 2,88 hasta 3,98.
3. Los resultados obtenidos demuestran la estrecha relación existente entre los abonos órgano-minerales, índice de calidad de suelo rendimiento de la caña de azúcar y su impacto económico.

#### **REFERENCIAS**

- Adebayo, J., Adebayo, A., and Abiodun, O., Efficacy of organomineral fertilizer and un-amended compost on the growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus* Thumb) in Ilorin Southern Guinea Savanna zone of Nigeria., *Int J Recycl Org Waste Agricult.*, Vol. 3, 2014, pp. 121–125.
- Andrews, S.S., Karlen D.L., and Mitchell, J. P., A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California., *Agriculture Ecosystems and Environment*, Vol. 90, 2002, pp. 25 – 45.
- Cairo, P., Machado, J., Reyes, A. y Díaz, B., Methodology for assessing and monitoring soil quality in the central region of Cuba., *Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba*, 2010, pp. 1-17.
- Cairo, P., Dávila, A., Colás, A., Reyes, A., y Díaz, B., Uso alternativo de mejoradores de suelo, con énfasis en la materia orgánica y evaluación de indicadores de sostenibilidad (calidad de suelo)., *Informe Final del Proyecto Ramal de la Agricultura*, 2012, pp. 1-102.
- Colás, A., Cairo, P., y Machado, J., Análisis Multivariado de las propiedades de un suelo Ferralítico Rojo (Oxisol), como base para la selección de indicadores de calidad., *Centro Agrícola*, Vol. 35, No. 3, 2008, pp. 17-23.
- Dania, S.P., Akpansubi, P., and Eghagara, O., Comparative Effects of Different Fertilizer Sources on the Growth and Nutrient Content of Moringa (*Moringa oleifera* Lam) Seedling in a Greenhouse Trial., *Advances in Agriculture*, Vol. 2014, 2014, pp. 1-6.
- Díaz, B.A., La materia orgánica y calidad del suelo en el contexto de la agricultura sostenible., *Monografía*, Editorial Feijoo, Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba, 2005, pp. 1-49.
- Eifediyi, E., Mohammed, K., and Remison, S., Influence of Organomineral fertilizer (OMF) on the performance of Jute Mallow (*Corchorous olitorius*) in North Central Nigeria., *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, Vol. 9, No. 3, 2013, pp. 54-58.
- George, A., Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica., *Tesis en opción al Grado Científico de Máster en Agricultura Ecológica (CATIE)*, Costa Rica, 2006.



- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D., y Castro N., Clasificación de los suelos de Cuba 2015., Ediciones INCA Cuba, 2015, pp.1-93.
- Henin, S., Monnier, G., Henin, S., and Combeau, A., Method pour l'étude de la stabilité structurelle des sols., Ann. Agron., Vol. 1, 1958, pp. 73-92.
- Karlen, D., Mausbach, M., Doran J., Cline, R., Harris, R and Schuman, G., Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation., Soil Science Society of America J., Vol. 61, 1997, pp. 4-10.
- Lal, R., Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation., Sustainability, Vol. 7, 2015, pp. 5875-5895.
- Lopes, E., Cairo, P., Colás, A., y Rodríguez, A., Relations between indicator quality properties, into two subtypes of Brown soils in the province of Villa Clara., Centro Agrícola, Vol. 43, No. 1, 2016, pp. 21-28.
- Osumah, A., Tijani, H., Thomas, E., Taiwo, N., Eguagie, E., and Modupeola, T., Effects of NPK (15:15:15) and organo-mineral fertilizer on Growth, Yield and Post-Planting Soil Chemical Properties under Degraded Alfisol Planted to Pepper., Nig. J. Soil & Env. Res., Vol. 9, 2011, pp. 44-48.
- Scott, J., and Cooper, J., GPI Agriculture accounts, part two: resource capacity and use: soil quality and productivity. Measuring sustainable development application of the genuine progress index to Nova Scotia., Canada, 2002, pp.1-89.
- Vageler, P., and Alten, F., Boden des nils und Gash Zf. Pflanzanernh- Dungung., Boden I. Mitteilung. A., Vol. 21, 1931, pp. 47-57.