






Fertilidad del suelo: definición y algunas propiedades

Soil Fertility: Definition and some properties

 Adriano Cabrera Rodríguez*,  Ramón Rivera Espinosa,
 Alberto Hernández Jiménez,  Andy Bernal Fundora

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

RESUMEN: Diversas definiciones se han establecido sobre la fertilidad del suelo; sin embargo, la definición resulta amplia y compleja ya que depende del suministro de nutrientes y de otros factores edáficos, ambientales y del manejo a que este medio esté sometido. El objetivo de esta revisión ha sido integrar diversas consideraciones que se han tenido respecto a la definición de fertilidad de manera dispersa y presentar de una manera amplia resultados que caracterizan la fertilidad de los principales suelos cubanos. La definición de fertilidad del suelo debe ser amplia y compleja, pues depende del suministro de nutrientes y de factores edáficos, ambientales, y del manejo a que este medio esté sometido. Sobre la base de lo expresado y considerando la complejidad del sistema donde se inserta el suelo, se propone como definición de fertilidad del suelo a “la resultante de la interacción entre la planta, las propiedades del suelo, el ambiente, los fenómenos socio - económicos y la actividad antrópica, que le confieren la capacidad para servir como sostén y suministrar nutrientes en las formas, cantidades y proporciones, que las plantas requieren para lograr su crecimiento y desarrollo”. En el trabajo se presentan propiedades químicas, físico químico, morfológico, físico, biológico, el impacto de actividades socio económicas y de la actividad antropogénica que caracterizan a la fertilidad de los principales suelos cubanos.

Palabras clave: acidez, fósforo, estructura, agregados.

ABSTRACT: Various definitions have been established on soil fertility; however, the definition is broad and complex since it depends on the supply of nutrients and other edaphic, environmental factors and the management to which this medium is subjected. The aim of this review has been to integrate various considerations that have been taken regarding the definition of soil fertility in a spread way and present in a broad way results that characterize the fertility of the main Cuban soils. The definition of soil fertility must be broad and complex, since it depends on the supply of nutrients and edaphic, environmental factors, and the management to which this medium is subjected. Based on what has been expressed and considering the complexity of the system where the soil is inserted, the definition of soil fertility is proposed as “the result of the interaction between the plant, the properties of the soil, the environment, the socio-economic phenomena and anthropogenic activity, which give it the ability to serve as a support and supply nutrients in the forms, quantities and proportions that plants require to achieve their growth and development”. In the work, chemical, physical-chemical, morphological, physical, biological properties are presented, as well as the impact of socio-economic activities and anthropogenic activity that characterize the fertility of the main Cuban soils.

Key words: acidity, phosphorus, structure, aggregates.

INTRODUCCIÓN

El término fertilidad del suelo ha tenido varias definiciones, que generalmente han estado dirigidas a considerarlas como la capacidad del medio edáfico para

suministrar los nutrientes que las plantas requieren para el crecimiento y desarrollo adecuados.

Algunos autores han definido a la fertilidad del suelo como la práctica de abastecer a las plantas con nutrientes con muy pocas cantidades de pérdidas por lavado (1).

*Autor para correspondencia: naniadriano1950@gmail.com

Recibido: 04/08/2022

Aceptado: 04/10/2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Adriano Cabrera Rodríguez. **Investigación-** Adriano Cabrera Rodríguez, Ramón Rivera Espinosa, Alberto Hernández Jiménez, Andy Bernal Fundora. **Metodología-** Adriano Cabrera Rodríguez, Ramón Rivera Espinosa.

Supervisión- Adriano Cabrera Rodríguez, Ramón Rivera Espinosa, Alberto Hernández Jiménez, Andy Bernal Fundora. **Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Curación de datos-** Adriano Cabrera Rodríguez.

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/>



Otros autores han descrito a la fertilidad del suelo como la capacidad del medio para apoyar y sostener el crecimiento de las plantas, incluyendo el hacer disponible los nutrientes N, P, S y otros para la absorción por parte de plantas. En general, la fertilidad y el funcionamiento de los suelos dependen de las interacciones entre la matriz mineral del suelo, las plantas y los microbios (2).

Cualquiera que sea la definición utilizada, en la caracterización de la fertilidad del suelo generalmente se hace alusión a las propiedades químicas, aquellas que la mayoría consideran más relacionadas con el suministro de nutrientes del suelo. Al respecto se señaló que la evaluación de la fertilidad del suelo está dirigida a proporcionar un suministro adecuado de nutrientes esenciales a la planta para asegurar una productividad óptima maximizando el beneficio económico y minimizando la degradación ambiental (3).

El objetivo de esta revisión ha sido integrar diversas consideraciones que se han tenido respecto a la definición de fertilidad de manera dispersa y presentar de una manera amplia resultados que caracterizan la fertilidad de los suelos, con énfasis en los principales suelos cubanos.

DESARROLLO

Definición de fertilidad del suelo

La definición de fertilidad del suelo debe ser amplia y compleja, pues depende del suministro de nutrientes y de factores edáficos, ambientales, y del manejo a que este medio esté sometido.

Sobre la base de lo expresado antes y considerando la complejidad del sistema donde se inserta el suelo, se propone como definición de fertilidad del suelo a "la resultante de la interacción entre la planta, las propiedades del suelo, el ambiente, los fenómenos socio - económicos y la actividad antrópica, que le confieren la capacidad para servir como sostén y suministrar nutrientes en las formas,

cantidades y proporciones, que las plantas requieren para lograr su crecimiento y desarrollo".

Propiedades químicas y físico-químicas del suelo

Contenido de materia orgánica y nitrógeno

En la [Tabla 1](#) se presentan los contenidos de materia orgánica y de propiedades afines de diversos suelos.

Los contenidos medios de MO y N total no varían marcadamente entre agrupamientos; los mayores valores se encuentran en los suelos Pardos Sialíticos, donde hay suelos carbonatados, en los que la cantidad y distribución del humus se relacionan con la formación del suelo bajo sabanas secundarias, lo que contribuye a que se tengan valores relativamente altos de materia orgánica. Los suelos Ferralíticos y Ferrálicos presentan los mayores contenidos de N hidrolizable o asimilable y los menores de la relación C/N; esta última propiedad presenta en general un comportamiento adecuado.

Complejo de intercambio y acidez

Existe gran variabilidad en las particularidades del complejo de intercambio y la acidez de los suelos ([Tabla 2](#)).

Las mayores concentraciones de las bases intercambiables se encuentran en los Vertisoles y las menores, en los Ferralíticos y Ferrálicos, indicativo de una relativa juventud y menor evolución de los primeros. Los Pardos Sialíticos y Fersialíticos ocupan una posición intermedia, aunque manifestándose en estos últimos un mayor lavado de sus bases, sugiriendo un proceso progresivo de Ferralitización.

El catión predominante en el complejo de adsorción es el Ca^{2+} . La otra base que posee amplia participación es el Mg^{2+} , encontrándose en algunos suelos Ferralíticos deficiencias de este nutriente (5).

Los valores medios de K^+ de los suelos Fersialíticos, Pardos Sialíticos y Vertisoles se encuentran por encima del

Tabla 1. Contenidos medios y variación de la materia orgánica, nitrógeno y la relación C/N del horizonte cultivable de los principales suelos de Cuba

Característica	Unidad de medida	Magnitud	Agrupamiento de Suelo			
			Ferrálico y Ferralítico	Fersialítico	Pardo Sialítico	Vertisol
Materia Orgánica (MO)	g.kg ⁻¹	media	32.0	31.5	37.5	33.5
		mínimo	12.8	15.7	3.1	8.6
		Máximo	60.3	48.1	75.9	69.3
N total		media	1.84	1.80	2.06	1.54
		mínimo	0.62	0.90	0.24	0.50
		Máximo	5.07	2.41	3.85	3.30
N hidrolizable	mg.kg ⁻¹	media	126.23	92.09	89.22	83.47
		mínimo	25.60	23.44	30.80	37.45
		Máximo	310.20	146.00	163.02	137.10
Relación C/N	adimensional	media	10.33	10.47	11.30	13.16
		mínimo	6.70	6.60	4.36	4.47
		Máximo	17.40	27.00	35.42	34.80

Materia orgánica: Walkley-Black; N total: digestión con H_2SO_4 conc. + Se; N hidrolizable: Tiurin-Kononova. Todas las técnicas analíticas aparecen en el manual de (4). N = 1 400 muestras

Tabla 2. El complejo de intercambio y la acidez del horizonte cultivable de los principales suelos de Cuba

Característica	Unidad de medida	Magnitud	Agrupamiento de Suelo			
			Ferrálico y Ferralítico	Fersialítico	Pardo Sialítico	Vertisol
Ca ²⁺ intercambiable	cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	media	11.48	21.24	37.06	41.11
		mínimo	2.65	5.89	3.89	17.92
		Máximo	39.40	37.03	80.60	70.60
Mg ²⁺ intercambiable		media	3.35	6.69	9.09	17.99
		mínimo	0.21	0.30	1.47	1.43
		Máximo	10.16	13.16	41.10	54.47
Na ⁺ intercambiable		media	0.197	0.265	0.514	1.28
		mínimo	0.020	0.070	0.030	0.16
		Máximo	1.980	0.550	7.880	24.66
K ⁺ intercambiable		media	0.348	0.524	0.526	0.890
		mínimo	0.040	0.160	0.100	0.140
		Máximo	1.680	1.560	2.020	3.480
CCB		media	15.26	29.36	47.13	61.41
		mínimo	3.91	21.66	6.95	23.24
		Máximo	42.88	45.53	86.84	104.77
CIC		media	18.97	29.90	49.57	67.54
		mínimo	6.45	22.92	7.67	32.15
		Máximo	44.60	47.61	87.28	105.65
Al ³⁺ intercambiable		media	0.054	No determinado	No determinado	No determinado
		mínimo	0.008			
		Máximo	0.372			
H ⁺ intercambiable		media	3.54	1.39	2.43	1.18
		mínimo	0.34	0.28	0.07	0.24
		Máximo	7.40	3.08	8.14	6.69
Saturación por Bases	g kg ⁻¹	media	781.2	952.7	934.7	976.8
		mínimo	489.1	878.4	688.3	864.3
		Máximo	980.4	990.5	998.7	996.3
pH - KCl	-log H ⁺	media	5.40	6.05	5.63	6.22
		mínimo	3.35	5.00	3.50	4.60
		Máximo	7.00	7.10	7.90	7.85

Bases intercambiables: Acetato amonio 1 mol. L⁻¹ pH 7; pH: potenciometría relación 1:2.5 en KCl 1 mol L⁻¹; Al³⁺e H⁺ intercambiables: KCl 1 mol L⁻¹ y valoración con NaOH 0.02 1 mol. L⁻¹. Todas las técnicas analíticas aparecen en el manual de (4). N = 1 400 muestras

nivel crítico 0.38 cmol.kg⁻¹ establecido (6). El Na⁺ es la base de mayor variación, provocada en ocasiones, por la marcada influencia del riego con agua de calidad inadecuada y por el drenaje deficiente de algunas áreas.

La mayor capacidad de intercambio de bases y catiónica, así como la mayor saturación por bases la presentan los Vertisoles. Los Ferralíticos y Ferrálicos poseen una menor capacidad de intercambio y de saturación por bases, pero hay que destacar que las mismas resultan altas al compararlas con suelos similares de otras regiones e incluso, del área tropical, lo que es una de las causas que le confieren gran fertilidad a estos suelos (5), lo que está motivado por la presencia de esmectita, compuestos semejantes a la esmectita e interstratificación caolinita-esmectita en algunos de estos suelos (7), así como por el aumento notable de la capacidad de adsorción de bases de la caolinita en un medio neutro o alcalino (8).

Los suelos Ferralíticos y Ferrálicos presentan un pH ácido y, en ocasiones, cercano a la neutralidad, destacándose que en general, en la acidez de los suelos cubanos, el papel del Al³⁺ intercambiable resulta insignificante.

Régimen fosfórico

Se caracteriza por los mayores contenidos totales en los Fersialíticos, Ferrálicos y Ferralíticos (Tabla 3), lo que está relacionado con el material cálcico a partir del cual se originan estos suelos. Destaca el P asimilable en suelos Fersialíticos, Pardos Sialíticos y Vertisoles, en los que el contenido medio es superior al nivel crítico de 7 mg kg⁻¹ de P establecido (9).

La fracción mineral enlazada al Fe (P-Fe) predomina en los Fersialíticos, Ferrálicos y Ferralíticos; mientras que en los Vertisoles es la enlazada al Ca (P-Ca), indicativo de una relativa juventud y menor meteorización de estos últimos. En los Pardos Sialíticos se encuentra en ocasiones, predominio de la fracción P-Fe, debido a que en los carbonatados, el Fe libre alcanza 14 - 51 % del Fe total en la parte superior del perfil (10).

Una particularidad de los suelos cubanos es el bajo poder de retención del fósforo aplicado con los fertilizantes que presentan, lo que garantiza que se suministre a la planta el nutriente requerido con dosis relativamente bajas (11).

Debe mencionarse que, en la actualidad, los resultados presentados en las Tablas 1, 2 y 3, se han podido modificar

Tabla 3. Régimen fosfórico en el horizonte cultivable de los principales suelos de Cuba

Característica	Magnitud	Agrupamiento de Suelo			
		Ferrálico y Ferralítico	Fersialítico	Pardo Sialítico	Vertisol
-----P, mg.kg ⁻¹ de suelo-----					
P total	Media	1 845	2 290	910	763
	mínimo	300	930	340	300
	Máximo	4 830	4 340	2 810	2 400
P asimilable	Media	6.75	35.34	9.39	18.31
	mínimo	tr	0.96	tr	tr
	Máximo	43.49	420.00	73.71	144.02
P-Al	Media	37.74	47.45	6.80	14.56
	mínimo	tr	9.82	1.00	tr
	Máximo	385.00	232.00	36.10	92.93
P-Fe	Media	137.34	164.93	10.91	19.46
	mínimo	3.39	41.08	tr	tr
	Máximo	692.57	675.67	30.56	71.88
P-Ca	Media	35.67	90.16	8.91	68.59
	mínimo	tr	10.00	0.57	2.18
	Máximo	245.00	300.00	55.28	289.61

P total: Digestión con ácido perclórico y colorimetría; P asimilable: Bray-Kurtz No.2; Fracciones de P: Chang y Jackson. tr: trazas. Todas las técnicas analíticas aparecen en el manual de (4). N = 1 400 muestras

por el uso y manejo dado al suelo en el tiempo, pudiéndose encontrar valores menores (indicativo de degradación de la fertilidad), o mayores (indicativo de un uso irracional de la fertilización), a los mostrados.

Propiedades morfológicas y físicas

Textura

La textura de un suelo está determinada por la proporción relativa de partículas de la parte mineral que poseen diferentes diámetros, se clasifica en función del Triángulo Textural (Figura 1), donde cada fracción tiene una expresión porcentual (12).

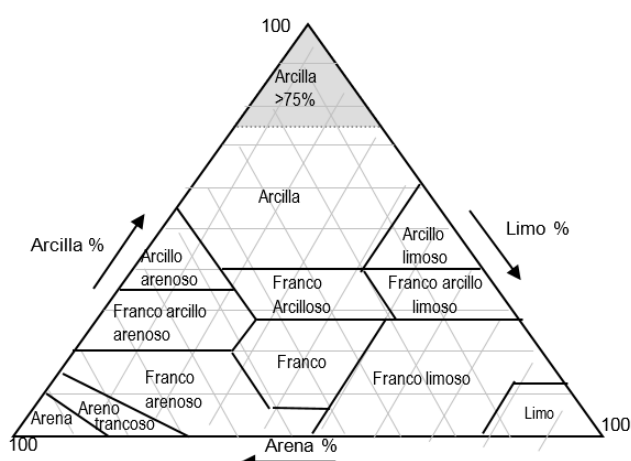


Figura 1. Triángulo textural para clasificar la textura del suelo en función de la relación y la distribución de tamaño de partículas

La importancia de la textura, viene dada por la influencia que esta propiedad ejerce sobre el comportamiento físico e

hidrofísico de un suelo y con otras propiedades asociadas a la fertilidad, como la capacidad de intercambio catiónico.

Estructura

Cuando las partículas del suelo se ordenan y se agrupan entre sí mediante un proceso de cementación, se produce la agregación del suelo y se forma una unidad secundaria o un agregado que varía en tamaño, forma y nitidez (13). Resulta del desarrollo de procesos biológicos, químicos, físicos y mecánicos.

Según otros criterios (14,15), esos agregados se forman a partir de la disgregación de la masa del suelo en separaciones de diferentes formas y tamaños.

Entre un agregado y otro se encuentra una separación conformada por poros o espacios vacíos.

La estructura está relacionada con la porosidad y la compactación, dos índices fundamentales para el desarrollo de los cultivos.

En el horizonte cultivable, la materia orgánica es la principal responsable de la cementación de las partículas; mientras que, en el subsuelo, esa responsabilidad recae sobre los óxidos de Fe y Al; en ambos casos, la composición arcillosa desempeña un papel relevante.

Algunas estructuras de los suelos cubanos se aprecian en las fotos que se muestran a continuación (Foto 1-6), cortesía de (15).

Estabilidad estructural

Determina la resistencia del suelo a la pérdida de su estructura y a la erosión, posibilita el movimiento de aire y agua (16,17) y reduce el potencial de erosión y de formación de costras duras (16,18) se utiliza como un indicador de la calidad del suelo (19), ya que influye sobre la productividad de los cultivos y responde rápidamente a los cambios en las prácticas de manejo (20,21).



Foto 1. Estructura granular. Suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba



Foto 4. Estructura de bloque angular. Horizonte Bt, suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba



Foto 2. Estructura terronosa. Suelo Alítico de Baja Actividad Arcillosa. La Palma, Pinar del Río, Cuba



Foto 5. Bloque prismático con caras de deslizamiento del horizonte B. Vertisol Pélico. Finca La Rosita, Campo Florido, La Habana



Foto 3. Estructura de bloque subangular. Horizonte Bt, suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba



Foto 6. Estructura poliédrica gruesa. Suelo Ferralítico Rojo compactado. Región de Batabanó, Mayabeque, Cuba

Diversos agentes modifican la estructura del suelo, como la lluvia, el Na, condiciones inadecuadas de humedad, estado coloidal desfavorable, la mecanización y la especie vegetal, entre otros.

En la **Tabla 4** se presentan resultados que ilustran el efecto del manejo a que es sometido el suelo sobre la estabilidad estructural del mismo.

Dentro de un mismo tipo de suelo, el incremento del *Keh*, que se corresponde con la disminución del *le*, indica la degradación del suelo a medida en que este es más labrado; se destaca la protección que ofrece a la estabilidad estructural la cobertura de pastos.

Densidad de volumen

Esta propiedad, también conocida como densidad aparente o simplemente densidad del suelo, es un estimador de la compactación y se calcula considerando los espacios porosos existentes, siempre a una determinada humedad.

El incremento de la densidad aparente indica la degradación de la estructura del suelo por compactación o por pérdida de materia orgánica.

El método más utilizado para determinar la densidad aparente es el conocido como “*método de los cilindros*”.

La fórmula de cálculo es como sigue:

$$D_a = \frac{M}{V} \quad (Mg \ m^{-3}) \quad (1)$$

donde:

D_a : densidad aparente, expresada en $Mg.m^{-3}$

M: masa del suelo seco, expresada en g

V: volumen de la masa de suelo, expresado en cm^3

Valores de densidad aparente de algunos suelos cubanos se presentan en la **Tabla 5**, donde se observa que en la medida en que el suelo es cultivado, la D_a se incrementa, indicativo de un proceso de compactación.

De modo general y atendiendo a la textura de los suelos, se considera que la densidad aparente se encuentra entre los rangos $0.90 \ Mg \ m^{-3}$ - $1.20 \ Mg \ m^{-3}$ para suelos arcillosos y $1.20 \ Mg \ m^{-3}$ - $1.60 \ Mg \ m^{-3}$ para suelos arenosos.

Densidad real

Es la masa de suelo contenida en un volumen conocido, pero a diferencia de la densidad aparente, no se consideran los espacios porosos, por lo que su valor es superior al valor de la densidad aparente.

Un método utilizado para la determinación de la densidad real es el “*método del picnómetro*”. El principio del método es desplazar el aire contenido en los poros del suelo mediante la ocupación de estos por el agua.

Para su cálculo se utiliza una ecuación similar a la **ecuación 1**, solo que la variable a estimar es D_r :

$$D_r = \frac{M}{V} \quad (Mg \ m^{-3}) \quad (2)$$

donde:

D_r : densidad real, expresada en $Mg.m^{-3}$

M: masa del suelo seco, expresada en g

V: volumen de la masa de suelo, expresado en cm^3

Para fines prácticos, en suelos minerales se asume como un valor promedio adecuado de densidad real entre $2.50 \ Mg \ m^{-3}$ y $2.65 \ Mg \ m^{-3}$.

Porosidad

Constituye los espacios existentes entre los elementos mecánicos y los agregados del suelo y en ellos se encuentran agua, vapor de agua, aire, microorganismos y raíces de las plantas. La porosidad es entonces, el volumen total de poros en la unidad de volumen del suelo.

Se clasifican tres tipos de porosidad, la total, los poros ocupados por agua y los poros de aireación, y los cálculos

Tabla 4. Estabilidad estructural en los primeros 20 cm de profundidad de suelos de Cuba, sometidos a diferentes manejos

Localidad	Suelo	Manejo	Keh	le
Mayabeque	Ferráltico Rojo Lixiviado	Bosque	0.33	0.74
		Frutales	0.57	0.65
		Cultivo intensivo	0.74	0.62
Artemisa	Ferráltico Rojo Lixiviado	Pastos	0.12	0.92
		Tabaco	0.77	0.65
Cienfuegos	Pardo Agrogénico vértico	Pastos	0.28	0.79
		Cultivo intensivo	1.20	0.51

Keh: Coeficiente de estabilidad tamizado húmedo; *le*: Índice de estabilidad. Ambos indicadores determinados según (22)

Tabla 5. Valores de densidad aparente presentes en el horizonte cultivable de los suelos en dependencia del manejo a que son sometidos

Suelo	Profundidad del horizonte, cm	Manejo	D_a , $Mg.m^3$
Ferráltico Rojo lixiviado húmico eútrico	6-16	Arboleda de más de 45 años	0.90
Ferráltico Rojo lixiviado típico eútrico	0-12	Cultivos agrícolas	1.12
	0-17	Cultivos agrícolas incluido el arroz (<i>Oriza sativa</i> L.)	1.20
	0-31	Cultivo de pastos y de King Grass (<i>Pennisetum</i>)	1.21

de los mismos se realizan con los valores de la densidad real, la densidad aparente y la humedad natural del suelo.

Se acepta como una buena porosidad total en el suelo en el entorno de 50 %. De manera más detallada, se considera que cuando la porosidad total expresada en % es > 70, resulta excesiva, cuando se encuentra entre 55 - 70 es excelente, entre 50 - 55 resulta satisfactoria, ya entre 40 - 50 es baja y cuando alcanza un valor < 40 es muy baja (22).

Propiedades biológicas

Microbiota

La mayor concentración de la microbiota del suelo se establece en la rizosfera, la que se caracteriza por tener alta cantidad de carbono disponible (23,24).

Las bacterias son los microorganismos más numerosos y más pequeños del suelo; la mayoría son heterótrofos y son organismos importantes en los procesos de descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de energía y de nutrientes como N, P, K, S, Fe y Mn.

Algunas bacterias son capaces de utilizar el N₂ atmosférico (25), otras son solubilizadoras de P como *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis* y *Pseudomonas fluorescens* (26), K como *Bacillus* sp. INCA-FRc7 and *Bacillus* sp. INCA-FRc19x (27) y de otros nutrientes. Existen bacterias con capacidad oxidante y otras con capacidad reductora, las que ocasionan cambios en las condiciones nutricionales y mineralógicas del suelo. También se encuentran especies que producen antibióticos y toxinas para otros organismos del suelo, así como patógenos de animales y vegetales.

Los hongos son organismos heterótrofos eficientes en la descomposición de compuestos resistentes ante las bacterias, como celulosa, hemicelulosa, lignina, grasas y almidones (24). Los hongos juegan un importante papel en la nutrición de las plantas, ya que forman las micorrizas, destacándose los hongos micorrízicos arbusculares (28).

Las algas son organismos fotoautótrofos importantes en el proceso de colonización del material parental. Además, en suelos ya formados, son una fuente importante de materia orgánica (29).

Meso y macrobiota

Los principales grupos son los anélidos y los artrópodos. Dentro de los primeros se encuentran las lombrices de tierra y en los segundos aquellos animales que presentan un esqueleto externo como una coraza y que son articulados. Los principales representantes de los artrópodos son los insectos, los arácnidos, los miriápodos y los crustáceos; otros grupos que se destacan son los nemátodos, los moluscos y algunos vertebrados roedores y mamíferos pequeños.

La mayoría de los animales de la meso y macrofauna del suelo, a excepción de los anélidos, predominan en el horizonte cultivable.

Los organismos de la meso y macrobiota del suelo desempeñan un papel fundamental en la fragmentación, transformación y translocación de materiales orgánicos; además, aportan cantidades considerables de biomasa al suelo y mejoran algunas de sus propiedades físicas.

Fenómenos socio - económicos

Deforestación

La necesidad de producir más alimentos para satisfacer las necesidades de una población en crecimiento, ha conllevado al fomento de áreas de cultivo a partir de la deforestación, lo que ha modificado la fertilidad del suelo (30-32).

Aún en épocas actuales ese comportamiento se manifiesta y en ocasiones, no se prevén los cambios profundos que el proceso de deforestación ocasiona en el suelo y su fertilidad, como se presenta en la [Tabla 6](#) Modificado de (33), donde se observa que al transformarse un área boscosa en un agrosistema disminuye el contenido de materia orgánica, se acidifica y disminuye la capacidad de intercambio catiónico por efecto de la lixiviación de las bases intercambiables.

Agricultura cambiante

Para satisfacer sus requerimientos alimenticios, las comunidades, con cierto carácter nómada, fomentaban áreas agrícolas a partir de la deforestación y quema del material tumbado. Durante algún tiempo, las nuevas áreas suplían de alimentos a esas comunidades, pero llegado un

Tabla 6. Modificación de la fertilidad del suelo provocado por el cambio de ecosistemas

Propiedad del suelo	Unidad de medida	Area boscosa con más de 20 años	Area boscosa transformada en área cañera
Materia orgánica	g.kg ⁻¹	43.9	28.7
pH-KCl	-log [H ⁺]	4.4	3.9
pH-agua		5.4	4.8
Acidez hidrolítica	cmol _(c) .kg ⁻¹	1.43	8.75
K ⁺		0.41	0.38
Ca ²⁺		20.80	4.60
Mg ²⁺		0.60	0.20
CIC		23.25	14.33

CIC: Capacidad de intercambio catiónico

momento, la producción declinaba, esa superficie era abandonada y se iban en busca de otra nueva. El ciclo se repetía en el tiempo y el espacio en reiteradas ocasiones. Todo esto trajo como consecuencia la degradación de la fertilidad del suelo, condicionada fundamentalmente por el agotamiento del suministro de nutrientes.

Actividad antropogénica

El hombre modifica la fertilidad del suelo debido a que utiliza este recurso de variadas formas y para muchos fines. Los efectos más sobresalientes que tienen algunas de las actividades del hombre sobre el suelo y su fertilidad se resumen en la [Tabla 7](#).

Tabla 7. Consecuencias originadas por las actividades del hombre sobre el agrosistema

Actividad antrópica	Efecto o manifestación	
	Manejo adecuado	Manejo inadecuado
Fertilización mineral	Incrementa: <ul style="list-style-type: none"> • los rendimientos • la producción de biomasa • la cantidad y actividad de los microorganismos • la materia orgánica • el suministro de nutrientes Mejora: <ul style="list-style-type: none"> • las propiedades físicas y químicas del suelo • el intercambio gaseoso • la captura del carbono • el funcionamiento del agrosistema 	Disminuye: <ul style="list-style-type: none"> • los rendimientos • la producción de biomasa • la cantidad y actividad de la micro y meso biota • la materia orgánica • ocasiona antagonismos inter nutrientes Origina: <ul style="list-style-type: none"> • toxicidad • contaminación • acidificación • alcalinización • deterioro de las propiedades físicas • eutrofización • mal funcionamiento del agrosistema
Fertilización orgánica	Similar a la fertilización química, aunque el suministro de nutrientes es más limitado	En función de la procedencia, su composición y su calidad, puede comportarse como la fertilización mineral, aunque el contenido de materia orgánica se incremente y las propiedades físicas pudieran no deteriorarse
Riego	<ul style="list-style-type: none"> • Modifica el régimen hídrico en el agrosistema • Intensifica la solubilización, la hidratación, la hidrólisis, la meteorización de minerales y la mineralización de la materia orgánica • Mejora los rendimientos 	Provoca: <ul style="list-style-type: none"> • salinidad o sodicidad • el deterioro de las propiedades físicas y químicas • erosión
Mecanización	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la aireación con todos sus beneficios • La planta realiza una mayor exploración del suelo • Aumenta el aporte de materia orgánica • Mejora el reciclaje de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Se deteriora la estructura del suelo • Se llega a compactar el suelo • Se propicia la erosión
Uso de la quema	NO DEBE REALIZARSE, A PESAR DE QUE EN ZONAS BAJAS CON MAL DRENAJE, ESTA PRÁCTICA SE CONSIDERA CASI INEVITABLE	Ocasiona: <ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas de nutrientes del agrosistema, sobre todo de N, S y C • Disminución de la humedad del suelo • Disminución de la concentración y actividad de los microorganismos • Incremento a corto plazo y disminución a mediano y largo plazo del pH del suelo • Emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera

Resultados que ilustran los efectos de la actividad del hombre sobre el agrosistema se presentan en las **Figura 2** y **3**.

En la **Figura 2** se observa como la utilización de la quema para realizar la cosecha de la caña de azúcar, hace disminuir el C orgánico del suelo en el tiempo, lo que se acentúa cuando se aplican fertilizantes minerales (34).

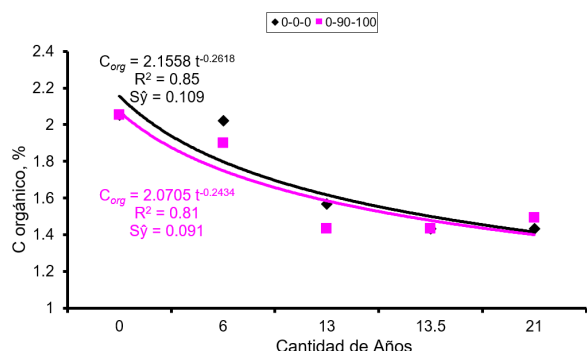


Figura 2. Variación del C orgánico del suelo en el tiempo utilizando la quema para cosechar la caña de azúcar sin aplicar fertilizante mineral y aplicando P y K. Cada punto es el promedio de cuatro repeticiones

Otro ejemplo demuestra como la aplicación de fertilizantes nitrogenados acidifica el suelo en el tiempo, manifestación que se agudiza en la medida en que la dosis de fertilizante se incrementa, lo que dice de los daños que puede ocasionar la fertilización irracional y excesiva (**Figura 3**) (35).

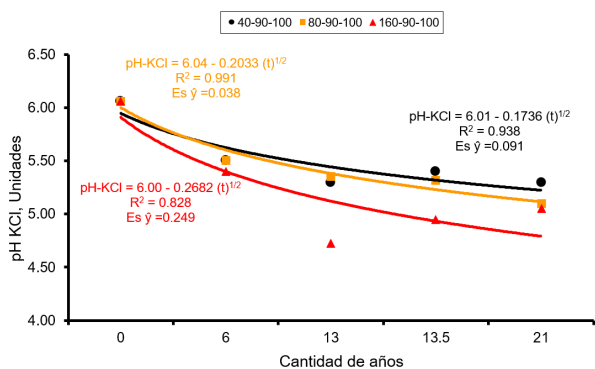


Figura 3. Acidificación del suelo en el tiempo provocada por la fertilización mineral. Cada punto es el promedio de cuatro repeticiones

La mecanización, por sí sola, compacta al suelo y ese efecto dañino puede revertirse con labores de subsolación, pero cuando la labor mecanizada es manejada inadecuadamente, se origina una compactación tal que la solución del problema puede resultar compleja por el consumo considerable de recursos que impone (**Foto 7**) (36).



Foto 7. Piso de arado formado en el suelo por efecto de la mecanización

CONCLUSIONES

- La fertilidad del suelo es el reflejo de los procesos y factores de formación que se modifica en el tiempo por elementos socio económicos y por la actividad humana.
- La definición de fertilidad del suelo es amplia y compleja pues depende no solo del suministro de nutrientes sino también de factores edáficos, ambientales y del manejo a que este medio esté sometido.
- La fertilidad de los suelos cubanos resulta, en sentido general, favorable para el desarrollo agrícola.

BIBLIOGRAFIA

1. Magdoff F, Van Es H. Organic Matter: What it is and why it's so important. Chapter 2. En: Building soils for better crops: sustainable soil management for healthy soil. 4.ª ed. College Park : Sustainable Agriculture Research & Education; 2009. p. 13-29.
2. Lefèvre C, Rekik F, Alcantara V, Wiese L. Carbono orgánico del suelo: el potencial oculto. [Internet]. 1.ª ed. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO); 2017. 90 p. Available in: www.fao.org/publications
3. Dalal RC. Fertility Evaluation Systems. En: Encyclopedia of Soil Science. 2.ª ed. CRC Press; 2006.
4. Cabrera A, Justiz A, Marin R, López M, Rubio R, Cuellar I, et al. Manual de técnicas analíticas para los laboratorios de agroquímica del INICA. La Habana: Departamento de Agroquímica y Suelos del INICA, MINAZ; 1984. 94 p.
5. Cabrera A. Caracterización agroquímica de los suelos Ferralíticos donde se cultiva la caña de azúcar en Cuba [Tesis de Doctorado]. [La Habana, Cuba]: Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, MINAZ; 1991. 114 p.

6. Rubio L. Fertilización potásica de la caña de azúcar sobre la base del diagnóstico de la fertilidad potásica del suelo [Tesis de Doctorado]. [La Habana, Cuba]: Academia de Ciencias de Cuba, INICA; 1982. 112 p.
7. Cuellar I. El potasio en los principales tipos de suelos de las plantaciones cañeras de Cuba y efectividad de la fertilización potásica de la caña de azúcar [Tesis de Doctorado]. [La Habana, Cuba]: Academia de Ciencias de Cuba, INICA; 1983. 115 p.
8. Yágodin B, Smirnov P, Peterburgski A. *Agroquímica*. Tomo I. URSS: Editorial Mir Moscú; 1986. 416 p.
9. López M, Villegas R, Cabrera A, Chang R. Diagnóstico de la fertilidad fosfórica y niveles críticos para la caña de azúcar en los principales suelos dedicados a su cultivo en Cuba. 1988.
10. Hernández A, Tatevosian O. Consideraciones generales comparativas entre los suelos Pardos Tropicales de sabana y Pardos Subtropicales. *Academia de Ciencias de Cuba*. 1976;Serie Suelos 24:10.
11. Cabrera A, Villegas R, López M. Requerimiento externo de fósforo de la caña de azúcar. En: Sección IV Fertilidad del suelo, Tomo II. Salamanca, España; 1993. p. 575-82.
12. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Guía para la descripción de suelos. 4.ª ed. Roma: Proyecto FAOSWALIM; 2009. 111 p.
13. Lee Daniels DW, Haering KC. General Soil Science Principles. Chapter 2. En: *Urban Nutrient Management Handbook*. 1.ª ed. Virginia: Virginia Cooperative Extension; 2011. p. 1-13.
14. Hernández A, Ascanio M, Morales M, Bojórquez I, García N, García D. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. 1.ª ed. Nayarit: Univ. Autónoma de Nayarit; 2006. 255 p.
15. Hernández A, Bojórquez JI, Morell F, Cabrera A, Ascanio MO, García JD, *et al.* Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. 1.ª ed. Nayarit, México: Universidad Autónoma de Nayarit; 2010. 80 p.
16. Amézketa E. Soil aggregate stability: a review. *Journal of sustainable agriculture*. 1999;14(2-3):83-151. doi:[10.1300/J064v14n02_08](https://doi.org/10.1300/J064v14n02_08).
17. Karami A, Homaei M, Afzalnia S, Ruhipour H, Basirat S. Organic resource management: Impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2012;148:22-8. doi:[10.1016/j.agee.2011.10.021](https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.021)
18. Le Bissonnais Y, Arrouays D. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Science*. 1997;48(1):39-48. doi:[10.1111/j.1365-2389.1997.tb00183.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1997.tb00183.x)
19. Stewart RD, Jian J, Gyawali AJ, Thomason WE, Badgley BD, Reiter MS, *et al.* What we talk about when we talk about soil health. *Agricultural & Environmental Letters*. 2018;3(180033):1-5. doi:[10.2134/ael2018.06.0033](https://doi.org/10.2134/ael2018.06.0033)
20. Mulumba LN, Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 2008; 98(1):106-11. doi:[10.1016/j.still.2007.10.011](https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.011)
21. Laghrou M, Moussadek R, Mrabet R, Dahan R, El-Mourid M, Zouahri A, *et al.* Long and midterm effect of conservation agriculture on soil properties in dry areas of Morocco. *Applied and Environmental Soil Science*. 2016;1-9.
22. Kaúrichev IS, Panov NP, Stratonóvich MV, Grechin IP, Sávich VI, Ganzhara NF, *et al.* *Prácticas de edafología*. Moscú: Editorial Mir Moscú; 1984. 279 p.
23. Paul EA, Clark FE. *Soil microbiology and biochemistry*. Londres: Academic Press Inc; 1989. 275 p.
24. Pritchett WL. *Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento*. México: Editorial Limusa; 1991. 634 p.
25. Ortega García M, Shagarodsky Scull T, Dibut Álvarez BL, Ríos Rocafull Y, Tejeda González G, Gómez Jorriñ LA. Influencia de la interacción entre el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y la inoculación con cepas seleccionadas de Mesorhizobium spp. *Cultivos Tropicales*. 2016;37:20-27. doi:[10.13140/RG.2.1.4007.3841](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4007.3841)
26. Mora-Quilismal SR, Cuaical-Galárraga ET, García-Bolívar J, Revelo-Ruales VW, Puetate-Mejía LM, Aguila-Alcantara E, *et al.* Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales*. 2021;42(2).
27. Pérez-Pérez R, Forte IH, Zanabria YO, Benítez JCS, Sosa-del Castillo D, Pérez-Martínez S. Characterization of potassium solubilizing bacteria isolated from corn rhizoplane. *Agronomía Colombiana*. 2021;39(3):415-25. doi:[10.15446/agron.colomb.v39n3.98522](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n3.98522)
28. Rivera R, Fernández F, Ruiz L, González PJ, Rodríguez Y, Pérez E, *et al.* Manejo, integración y beneficios del biofertilizante micorrízico EcoMic® en la producción agrícola. Ediciones INCA; 2020. 151 p.
29. Burbano H. El suelo: una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño. Pasto; 1989. 447 p.
30. Don A, Schumacher J, Freibauer A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks-a meta-analysis. *Global Change Biology*. 2011;17(4):1658-70. doi:[10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x)
31. Biro K, Pradhan B, Buchroithner M, Makeschin F. Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the northern part of Gadarif region, Sudan. *Land Degradation & Development*. 2013;24(1):90-102. doi:[10.1002/ldr.1116](https://doi.org/10.1002/ldr.1116)
32. Tesfaye MA, Bravo F, Ruiz-Peinado R, Pando V, Bravo-Oviedo A. Impact of changes in land use, species and elevation on soil organic carbon and total nitrogen in Ethiopian Central Highlands. *Geoderma*. 2016;261:70-9. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.06.022>
33. Villegas R, Marín R, Rodríguez E. Evaluación de los factores limitantes de las áreas cañeras de las fincas Tentativa y Favorito del CAI "Eduardo García Lavandero".

- La Habana: INICA; 1998 p. 12. Report No.: Informe MINAZ.
34. Cabrera JA, Zuaznábar R. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono. *Cultivos Tropicales*. 2010;31(1):5-13.
35. Zuaznábar R. Impacto sobre el medio del monocultivo con el uso de la quema y la fertilización nitrogenada en agroecosistemas cañeros [Tesis de Maestría]. [La Habana]: Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, MINAZ; 2010. 95 p.
36. Hernández A, Morales M, Cabrera A, Ascanio MO, Borges Y, Vargas D, *et al.* Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 2013;34(3):45-51.