



## INFLUENCIA DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE SUSTRATOS EN EL DESARROLLO DE POSTURAS DE *COFFEA ARABICA* L.

### INFLUENCE OF PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF SUBSTRATES IN THE DEVELOPMENT OF *COFFEA ARABICA* L. SEEDLING

YUSDEL FERRÁS-NEGRÍN<sup>1\*</sup>, ALFREDO REYES-HERNÁNDEZ<sup>2</sup>, CARLOS ALBERTO BUSTAMANTE-GONZÁLEZ<sup>3</sup>, NOSLEIBY ORTIZ-GÓMEZ<sup>4</sup>, ARIANY COLÁS-SÁNCHEZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Ciencia y Técnica de Base, Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Cuba. E-mail: [yusdel.ferras@gmail.com](mailto:yusdel.ferras@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez", Cuba. E-mail: [alfredo@uniss.edu.cu](mailto:alfredo@uniss.edu.cu)

<sup>3</sup>Unidad de Ciencia y Técnica de Base, Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Cuba. E-mail: [marlonalejandro2012@gmail.com](mailto:marlonalejandro2012@gmail.com)

<sup>4</sup>Unidad de Ciencia y Técnica de Base, Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Cuba. E-mail: [nosly@jibacoa.inaf.co.cu](mailto:nosly@jibacoa.inaf.co.cu)

<sup>5</sup>Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. E-mail: [arianyucs@uclv.edu.cu](mailto:arianyucs@uclv.edu.cu)

\*Autor para correspondencia: [yusdel.ferras@gmail.com](mailto:yusdel.ferras@gmail.com)

#### RESUMEN

El estudio de las propiedades físico-químicas de los sustratos es crucial para optimizar la producción de posturas de *Coffea arabica*, dado su impacto en el crecimiento y calidad de las plantas. Este trabajo evaluó la influencia de dichas propiedades en el desarrollo de posturas en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de Topes de Collantes, Cuba. Se utilizaron sustratos con variaciones en características físico-químicas (materia orgánica, pH, fósforo, permeabilidad, agregados estables) y se midieron indicadores agrobiológicos como área foliar, masa seca radicular e índice de calidad. Los resultados mostraron que las propiedades físicas, especialmente los agregados estables (correlación de 0.91\*\*\* con masa seca radicular), tuvieron mayor influencia que las químicas. La materia orgánica, el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el pH también correlacionaron significativamente con el área foliar (0.69, 0.64, 0.63\*, respectivamente). Se concluyó que sustratos con alta estabilidad estructural, permeabilidad y bajo índice de plasticidad favorecen el desarrollo radical y vigor de las posturas, donde destaca la importancia de integrar ambos tipos de propiedades para mejorar la producción en vivero.

**Palabras clave:** permeabilidad, agregados estables, materia orgánica, índice de calidad, crecimiento radical

#### ABSTRACT

The study of the physicochemical properties of substrates is crucial for optimizing seedling production of *Coffea arabica*, given their impact on plant growth and quality. This study evaluated the influence of these properties on seedling development in a Leached Red Ferralitic soil from Topes de Collantes, Cuba. Substrates with varying physicochemical characteristics (organic matter, pH, phosphorus, permeability, stable aggregates) were used, and agrobiological indicators such as leaf area, root dry mass, and quality index were measured. The results showed that physical properties, especially stable aggregates (correlation of 0.91\*\*\* with root dry mass), had a greater influence than chemical properties. Organic matter, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and pH also correlated significantly with leaf area (0.69, 0.64, 0.63\*, respectively). It was concluded that substrates with high structural stability, permeability, and a low plasticity index favor root development and seedling vigor, highlighting the importance of integrating both types of properties to improve nursery production.

**Keywords:** permeability, stable aggregates, organic matter, quality index, root growth

Recibido: 15/2/2025

Aceptado: 10/4/2025

**Conflictos de intereses:** Los autores de esta investigación no tienen ningún potencial de conflicto de interés.

**Contribución de autores:** **Conceptualización:** Yusdel Ferrás Negrín. **Curación de datos:** Ariany Colás Sánchez. **Análisis formal:** Yusdel Ferrás Negrín, Ariany Colás Sánchez, Alfredo Reyes Hernández. **Adquisición de fondos:** Carlos Alberto Bustamante González. **Investigación:** Yusdel Ferrás Negrín, Alfredo Reyes Hernández, Ariany Colás Sánchez. **Metodología:** Yusdel Ferrás Negrín, Alfredo Reyes Hernández. **Administración del proyecto:** Carlos Alberto Bustamante González. **Software:** Yusdel Ferrás Negrín, Nosleiby Ortiz-Gómez. **Recursos:** Alfredo Reyes- Hernández. **Supervisión:** Carlos Alberto Bustamante González. **Validación:** Yusdel Ferrás Negrín, Carlos Alberto Bustamante González. **Visualización:** Yusdel Ferrás Negrín, Alfredo Reyes Hernández. **Redacción, borrador original:** Yusdel Ferrás Negrín, Carlos Alberto Bustamante González, Nosleiby Ortiz-Gómez. **Redacción, revisión y edición:** Yusdel Ferrás Negrín.



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/>



## INTRODUCCIÓN

El cultivo del café en Cuba tiene gran importancia histórica, económica y cultural. Introducido en el siglo XVIII, fue un pilar de la economía colonial y dejó un legado de tradiciones en zonas como Topes de Collantes. Aunque su producción disminuyó tras cambios socioeconómicos, aún es clave para el desarrollo local, especialmente en áreas montañosas donde genera empleo y sustento para comunidades rurales. Su cultivo también contribuye a la conservación de suelos en ecosistemas frágiles.

El estudio de las propiedades físico-químicas del sustrato es fundamental para optimizar el desarrollo de posturas de café, ya que influye directamente en la germinación, el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes. Un sustrato con adecuada porosidad, retención de humedad, pH equilibrado y disponibilidad de nutrientes favorece plantas más vigorosas y resistentes. Además, evita problemas como compactación, encharcamiento o deficiencias nutricionales, lo que garantiza una producción uniforme y de calidad.

Entre los problemas que han afectado el rendimiento del cultivo del café en Cuba se encuentran el envejecimiento y las fallas físicas en las plantaciones. Por esta razón, el país elaboró e implementa un programa de desarrollo cafetalero en el que la producción de posturas de calidad es un elemento imprescindible. Según Falcón et al. (2013), para lograr este objetivo es necesario conocer y utilizar alternativas nutricionales que optimicen la producción de diferentes especies en vivero.

Meléndez (2012) al citar a varios autores, señaló que el comportamiento mecánico de la fase sólida determina las propiedades físicas del suelo. Estas propiedades, en combinación con las características químicas, generan la capacidad del suelo para producir cosechas. Además, destacó que, aunque tradicionalmente se ha dado mayor importancia a las propiedades químicas por considerarse las más relacionadas con la producción, en muchos casos las propiedades físicas son determinantes. Algunas de estas propiedades, como las asociadas con la estructura, se han denominado la clave de la productividad del suelo. Sin embargo, es importante reconocer que existe una estrecha interrelación entre las propiedades químicas y físicas.

En el suelo, las propiedades físicas regulan el transporte de aire, agua, calor y sustancias solubles. También influyen en el desarrollo del sistema radical de las plantas, el cual depende en gran medida de estas propiedades (Sánchez & Camacho, 1981). Por lo tanto, su estudio es fundamental para comprender la dinámica del crecimiento vegetal.

Actualmente, existen varios estudios sobre la producción de posturas de café, en los que casi siempre se consideran las propiedades químicas de los sustratos, pero rara vez se analizan las propiedades físicas. No obstante, Ferrás (2016) encontró que factores como la permeabilidad, la estructura, los agregados estables y el índice de plasticidad pudieron influir

positivamente en el desarrollo de las posturas. Estos hallazgos resaltan la importancia de evaluar ambos tipos de propiedades en conjunto.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de las propiedades físico-químicas de los sustratos en el desarrollo de posturas de *C. arabica*. Este enfoque integral permitirá optimizar las prácticas de producción en vivero y contribuir al programa de desarrollo cafetalero en Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Trinidad, específicamente en la localidad de Topes de Collantes, durante el año 2014. El sitio de estudio se ubicó a 750 metros sobre el nivel del mar, en coordenadas 21°54,733' latitud Norte y 80°0,551' longitud Oeste. El suelo correspondió a un Ferralítico Rojo Lixiviado de Montaña (Hernández et al., 2015), y se utilizó abono orgánico derivado de estiércol de caprino.

Para la siembra, se emplearon bolsas de polietileno con dimensiones de 14 cm de ancho por 22 cm de alto. Estas bolsas se llenaron con sustratos cuyas características físico-químicas, según Ferrás (2016), presentaban diferencias significativas (Tabla 1). Las semillas utilizadas fueron de *Coffea arabica*, variedad 'Catuai Amarillo', y las labores de cultivo se realizaron conforme al Instructivo Técnico del Cultivo (Díaz et al., 2013).

Cada sustrato se consideró un tratamiento. Estos se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado para garantizar la aleatoriedad en la asignación de las muestras.

Para determinar la fertilidad de los sustratos, se tomaron tres muestras por cada uno. Se aplicaron las siguientes metodologías estandarizadas:

**pH (KCI):** se midió por método potenciométrico con una relación suelo-solución de 1:2,5

(NC 52, 1999).

**Materia orgánica:** se cuantificó mediante el método Wakley-Black, que incluyó oxidación con dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico concentrado (NC ISO 10390, 1999).

**Fósforo y potasio asimilable:** se evaluó con el método Oniani, donde el fósforo se midió por colorimetría (NRAG 279, 1980) y el potasio por fotometría de llama. La extracción se realizó con ácido sulfúrico 0,1 N en una relación suelo-solución de 1:2,5 durante 3 minutos (NC ISO 10390, 1999).

**Calcio y magnesio:** se analizaron con una solución extractiva de NH<sub>4</sub>(CH<sub>3</sub>COO) 1N a pH = 7. Ambos elementos se valoraron mediante titulación con EDTA (NC 65, 2000).

**Agregados estables (AE):** se determinaron según el protocolo de Henin (1958), citado por Cairo (2000).

**Factor de estructura (FE):** se calculó con la metodología de Vegeller (1935) citado por Cairo (2000).

**Permeabilidad (P):** se midió según Henin (1958) citado por Cairo (2000).

**Tabla 1.** Características físico-químicas de los sustratos utilizados.

Propiedades del suelo	Sustratos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH (KCl)	4,25	4,81	4,91	5,09	5,17	4,85	4,95	5,09	4,65	4,77	4,95
MO %	1,66	2,49	2,48	2,34	2,63	2,29	2,29	2,13	1,88	1,80	1,79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100g <sup>-1</sup> )	6,33	49,72	50,09	52,24	59,39	35,05	41,02	31,04	21,37	29,29	23,47
K <sub>2</sub> O (mg 100g <sup>-1</sup> )	4,09	33,63	34,86	36,81	32,24	16,25	15,83	15,00	7,33	8,67	7,00
Ca (cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )	2,16	3,66	3,72	3,91	4,31	3,25	3,31	3,65	3,39	3,10	3,39
Mg (cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )	1,40	1,71	1,62	1,64	1,70	1,55	1,50	1,50	1,50	1,46	1,49
Agregados estables (%)	20,23	28,88	30,77	27,25	24,71	31,17	27,85	25,41	24,25	24,98	27,49
Factor estructura (%)	40,55	55,04	68,40	66,80	61,90	73,62	63,44	61,62	50,23	51,57	55,67
Permeabilidad (log 10k)	1,39	1,78	1,82	1,75	1,74	1,85	1,63	1,62	1,58	1,63	1,76
Índice de plasticidad	10,73	7,93	6,32	6,62	7,16	7,33	7,15	8,21	9,31	9,23	6,34

1) Suelo solo; 2) 3 partes de suelo y 1 parte de abono orgánico; 3) 3 partes de suelo con 2 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 4) 3 partes de suelo con 4 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 5) 3 partes de suelo con 6 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 6) 5 partes de suelo con 2 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 7) 5 partes de suelo con 4 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 8) 5 partes de suelo con 6 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 9) 7 partes de suelo con 2 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 10) 7 partes de suelo con 4 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico; 11) 7 partes de suelo con 6 t ha<sup>-1</sup> de caliza fosfatada y 1 parte de abono orgánico.

Los límites de plasticidad se evaluaron mediante dos técnicas:

**Límite inferior de plasticidad (LIP):** se determinó con el método de rollitos de Atterberg, citado por Cairo (2000).

**Límite superior de plasticidad (LSP):** se midió con el cono de balancín de Vasiliev, citado por Cairo (2000).

Ocho meses después de la siembra, se seleccionaron al azar nueve posturas desarrolladas en cada sustrato. Se evaluaron los siguientes indicadores agrobiológicos:

**Área foliar (cm<sup>2</sup>):** se estimó midiendo las dimensiones lineales de las hojas y mediante la fórmula AF (cm<sup>2</sup>) = largo · ancho · 0,64 (Soto, 1980).

**Masa seca de la raíz (g):** se lavaron las raíces y se secaron en estufa a 65 °C hasta alcanzar peso constante.

**Índice de calidad:** se determinó según el método de Dickson et al. (1960).

Los valores de las propiedades físico-químicas de los sustratos se correlacionaron con los indicadores agrobiológicos de las posturas de café mediante la prueba de Pearson. Para este análisis, se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2014). Además, se realizaron análisis de regresión entre las variables que mostraron correlaciones altamente significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores agrobiológicos de las posturas de café mostraron una mejora debido al incremento en las propiedades físico-químicas de los sustratos donde se desarrollaron. Este efecto fue más evidente en las propiedades físicas, donde

los resultados alcanzaron significación estadística (Tabla 2). Los parámetros evaluados demostraron que las condiciones del sustrato influyen directamente en el crecimiento inicial del café.

Entre las propiedades químicas, el contenido de materia orgánica, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y pH presentaron los valores más altos de correlación con el área foliar de las posturas. Estos tres factores mostraron una estrecha interrelación en su dinámica dentro del suelo. La materia orgánica, el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el pH actuaron de forma conjunta para favorecer el desarrollo de las plantas.

Cuando aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, se eleva también el pH y la disponibilidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En suelos ácidos con pH bajo, este nutriente reduce su forma asimilable al formar fosfatos insolubles con aluminio y hierro. Estudios realizados en Cenicafé confirmaron que, en la fase de vivero, el café responde de manera positiva y significativa a la aplicación de abonos orgánicos y, en algunos casos, al fósforo (Salamanca & Sadeghian, 2008).

Investigaciones como las de Malavolta (2000) y Arizaleta et al. (2002), citados por Morán (2014), señalaron que en esta etapa las plantas responden principalmente al fósforo y al nitrógeno. Estos elementos son determinantes para asegurar un crecimiento adecuado durante las primeras fases del cultivo.

La incorporación de abonos orgánicos al suelo produce posturas de café más vigorosas y sanas. Estos materiales no solo aportan nutrientes, sino que mejoran la aireación del suelo, reducen la compactación y aumentan la retención de humedad. Como resultado, se promueve un mayor desarrollo radical, según lo informado por Arcila (Arcila, 2007b).

**Tabla 2.** Correlación entre los indicadores de fertilidad de los sustratos y los agrobiológicos de las posturas de café.

	Masa seca de la raíz, g	Área foliar, cm <sup>2</sup>	Índice de calidad
pH (KCl)	0,33 ns	0,63*	0,33 ns
Fósforo asimilable (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,37 ns	0,64*	0,47 ns
Potasio asimilable (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,30 ns	0,51 ns	0,37 ns
Materia orgánica (%)	0,45 ns	0,69*	0,58 ns
Calcio (cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )	0,23 ns	0,60 ns	0,26 ns
Magnesio (cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )	0,35 ns	0,59 ns	0,41 ns
Índice de plasticidad	-0,65*	-0,68*	-0,55 ns
Factor estructura (%)	0,73*	0,86***	0,75**
Permeabilidad (log 10 k)	0,76**	0,85***	0,69*
Agregados estables (%)	0,91***	0,90***	0,87***

\*, \*\* y \*\*\* correlación significativa para valor de  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$  y  $p \leq 0,001$  respectivamente; ns no significativo para valor de  $p \leq 0,05$ .

El mejoramiento de las propiedades físicas de los sustratos permitió que las posturas de café desarrollaran un sistema radical más extenso. Esto facilitó una mejor absorción de recursos del medio edáfico, lo que se tradujo en plantas más vigorosas durante la fase de vivero. La relación entre la estructura del sustrato y el crecimiento de las raíces fue un factor clave en este proceso.

El índice de plasticidad mostró una correlación negativa y significativa con la masa seca de las raíces y el área foliar (Tabla 2). Esto sugiere que sustratos con baja plasticidad favorecen el desarrollo radical y el incremento del área foliar. Torres et al. (2013) señalaron que la compactación del suelo limita el crecimiento de las raíces.

La permeabilidad, el factor estructura y los agregados estables presentaron una correlación altamente significativa con el área foliar de las posturas de café. Además, los agregados estables mostraron la misma relación con la masa seca de las raíces y el índice de calidad (Tabla 2). Estos resultados destacan la importancia de la estructura del suelo en el desarrollo inicial del cultivo.

El aumento en los agregados estables de los sustratos elevó de manera significativa la masa seca de las raíces, el área foliar y el índice de calidad de las posturas (Figura 1A, B, C). De igual forma, el factor estructura y la permeabilidad tuvieron un efecto positivo sobre el área foliar (Figura 1D, E, respectivamente). Estos hallazgos refuerzan la relevancia de las propiedades físicas del sustrato en la producción de posturas de alta calidad.

Cairo & Álvarez (2017) estudiaron el cultivo de soja [*Glycine max* (L.) Merr] y observaron que el rendimiento incrementó de forma gradual con las dosis de abono orgánico (estiércol descompuesto), con el aumento de 2,04 a 3,18 t ha<sup>-1</sup>. Estos autores asociaron dicho aumento con el nivel de materia orgánica ( $R^2 = 98,31$ ) y la agregación del suelo ( $R^2 = 95,21$ ). Estos factores demostraron una correlación significativa con el mejoramiento del rendimiento del cultivo.

La mejora en la estructura del suelo favorece un incremento en la retención hídrica, la absorción de nutrientes, el drenaje, la aireación y el crecimiento radical. Según (Campoy, 2015), la estabilidad de los agregados del suelo es una de las propiedades más relevantes para el desarrollo vegetal. Esta estabilidad influye directamente en la capacidad de las plantas para acceder a los recursos necesarios.

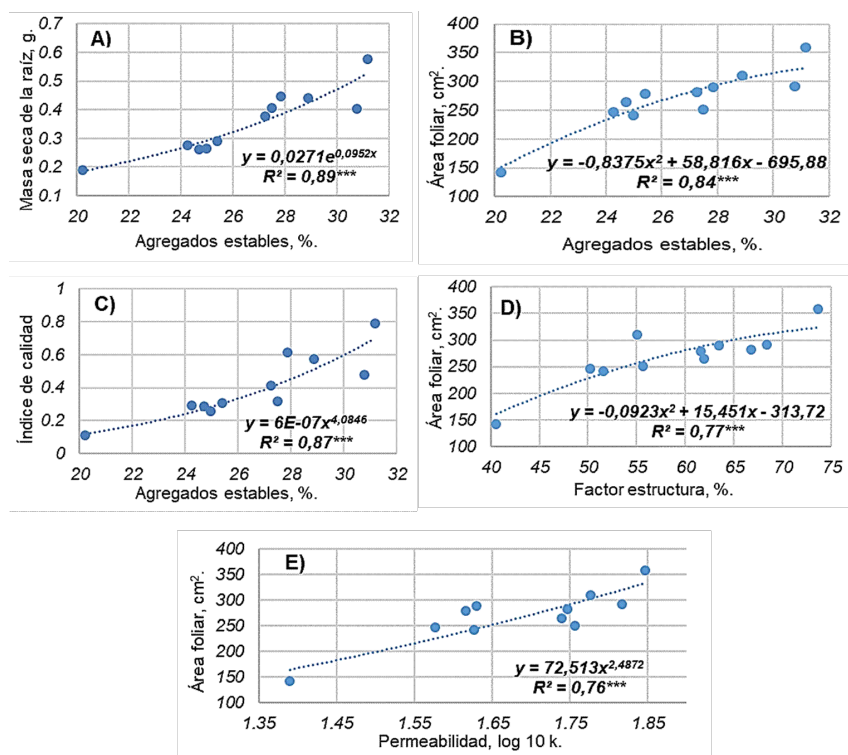
La estructura del suelo, como característica física, determina el desarrollo y la distribución de las raíces del café. Estas propiedades inciden en la resistencia a la penetración y en la relación entre la difusión de oxígeno y el contenido de agua (aireación), según (Arcila, 2007a). Además, condicionan la eficiencia con la que las raíces exploran el perfil del suelo.

La permeabilidad del suelo refleja la velocidad de infiltración del agua y su capacidad para almacenar agua proveniente de lluvias o riego. (Agustí, 2010) señala que esta propiedad física depende en gran medida de la porosidad, la cual está influenciada por la textura del suelo. Por lo tanto, un suelo con alta permeabilidad optimiza el uso del agua disponible para los cultivos.

La condición física del suelo desempeña un papel fundamental en el vigor del cultivo. La producción final depende en gran medida de la calidad de la interacción entre el suelo, el aire, el agua y la temperatura.

(Arcila, 2007c) destacó que estos factores físicos, junto con la cantidad y el estado de la materia orgánica, influyen en el desarrollo radical, la absorción de nutrientes, la colonización por microorganismos y los procesos fisiológicos de la planta.

El crecimiento óptimo de un cultivo está estrechamente ligado al desarrollo de su sistema radical. Arcila (2007c) afirmó que un suelo con adecuadas condiciones físicas y químicas permite una exploración radical más eficiente. Esto garantiza un suministro suficiente de nutrientes y agua, lo que se traduce en un mejor desempeño de la planta.



**Figura 1.** Influencia de los agregados estables en el desarrollo de las raíces **A)**, en el área foliar **B)**, en el índice de calidad **C)**; del factor estructura en el área foliar **D)**; de la permeabilidad en el área foliar **E)**

## CONCLUSIONES

La materia orgánica, el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el pH tuvieron correlación significativa con el área foliar de las posturas de cafeto con valores de 0,69\*; 0,64\* y 0,63\*, respectivamente.

Las propiedades físicas de los sustratos tuvieron una influencia más marcada que las químicas, sobre el desarrollo de las posturas de cafeto en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de Topes de Collantes.

Los agregados estables presentaron los mayores valores de correlación 0,91\*\*\*; 0,90\*\*\* y 0,87\*\*\* con la masa seca de la raíz, el área foliar y el índice de calidad, respectivamente.

## AGRADECIMIENTOS:

Se agradece a los trabajadores del Centro de Investigaciones Agropecuaria de la Universidad Central de Las Villas por todo su apoyo en la ejecución de la investigación, sobre todo a los del departamento de suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aawSAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Fruticultura+&ots=OeNXmXvi4e&sig=zjsBFwzvsXnhTFQIUie7DBf831A>

Arcila, J. (2007a). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. En J. Arcila, F. Farfán, A. Moreno, L.

Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>

Arcila, J. (2007b). Establecimiento del cafetal. En J. Arcila, F. Farfán, A. Moreno, L. Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 87-100). <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo4.pdf>

Arcila, J. (2007c). Factores que determinan la productividad del cafetal. En J. Arcila, F. Farfán, A. Moreno, L. Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>

Cairo, P. (2000). Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña. *Agricultura Orgánica*, 14(2), 23-25.

Cairo, P., & Álvarez, U. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya *Glycine max* (L.) Merr. *Pastos y forrajes*, 40(1), 37-42.

Campoy, M. J. (2015). *Efecto de las acciones antrópicas sobre la estabilidad de agregados del suelo en zonas semiáridas* [PhD Thesis, Universidad de Murcia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=99902>

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2014). InfoStat versión 2014. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias,

- Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Díaz, W., Caro, P., Bustamante, C., Sánchez, C., Rodríguez, M., & Vázquez, E. (2013). Instructivo Técnico Café Arábico (*Coffea arabica* Lin). *Instituto de Investigaciones Agro-Forestales: Ministerio de la Agricultura. Dirección de Café y Cacao del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales*, 138.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). QUALITY APPRAISAL OF WHITE SPRUCE AND WHITE PINE SEEDLING STOCK IN NURSERIES. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Falcón, E., Riera Nelson, M. C., & Rodríguez Leyva, O. (2013). Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelos. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 32-39.
- Ferrás, Y. (2016). *Influencia de compuestos organominerales en las propiedades físico-químicas de sustratos y el desarrollo de posturas de café* [Tesis para optar por el título de máster]. Universidad Sancti Spiritus, José Martí Pérez.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los Suelos de Cuba*. INCA.
- Meléndez, G. (2012). *Evaluación de las propiedades físicas de un suelo cultivado con caña de azúcar (Saccharum officinarum) bajo la aplicación de biosólidos* [Trabajo de titulación]. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali.
- NC 52. (1999). *Norma cubana 52: Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio*. (p. 12). Comité Técnico de Normalización No 3.
- NC 65. (2000). *Norma cubana 65: Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes del suelo*. (p. 10). Comité Técnico de Normalización No 3.
- NC ISO 10390. (1999). *Norma cubana ISO 10390: Calidad del suelo. Determinación del pH*. (p. 11). Comité Técnico de Normalización No 3.
- NRAG 279. (1980). *Norma Ramal de la Agricultura 279-80. Suelos. Análisis químico. Reglas generales*. (p. 54). MINAG.
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2008). Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. *Cenicafé*, 59(2), 91-102.
- Sánchez, P. A., & Camacho, E. (1981). *Suelos del trópico: Características y manejo*. IICA Biblioteca Venezuela. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=20MMFDtmtGAC&oi=fnd&pg=PA103&dq=Suelos+del+tr%C3%B3pico:+Caracter%C3%ADsticas+y+manejo&ots=OV1p12oxK5&sig=Gjvrh3P7x9DsMdhNa2x0\\_pz0Ick](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=20MMFDtmtGAC&oi=fnd&pg=PA103&dq=Suelos+del+tr%C3%B3pico:+Caracter%C3%ADsticas+y+manejo&ots=OV1p12oxK5&sig=Gjvrh3P7x9DsMdhNa2x0_pz0Ick)
- Soto, F. (1980). ESTIMACION DEL AREA FOLIAR EN C. arabica L. A PARTIR DE LAS MEDIDAS LINEALES DE LAS HOJAS. *Cultivos tropicales*, 2(3), Article 3.
- Torres, C. A., Etchevers, J. D., Fuentes-Ponce, M. H., Govaerts, B., León-González, F. D., & Herrera, J. M. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra latinoamericana*, 31(1), 71-84.