

BIOFERTILIZANTES

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/n1MGty>

Estudio microbiológico y de estabilidad del extracto de vermicompost: Liplant (I)

Microbiological and stability study of vermicompost extract: Liplant (I)

Dr.C. Mayra Arteaga B.^{*}, Dr.C. René Novo Sordo¹, MSc. José A. Pino R^{II}, Dr.C. Jesús Rodríguez Cabello^{III},
Dr.C. Aymara Pérez González^{III}

¹ Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II} Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Matemática, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III} Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Es probado el efecto bioestimulante del extracto de vermicompost Liplant en los diferentes cultivos y como una alternativa que contribuye a la sostenibilidad del agroecosistema al utilizarse de forma sistemática, pero se desconoce su estabilidad después de un tiempo de almacenamiento en condiciones naturales, información de gran importancia para la elaboración de una tecnología de aplicación del extracto en los diferentes cultivos más racional y de un mayor impacto positivo. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la estabilidad de un extracto obtenido de vermicompost de estiércol vacuno, a través del conteo y la actividad de grupos de microorganismos benéficos presentes en él y en su capacidad de sustentar su vida activa después de un año de almacenamiento. Bajo condiciones controladas y semicontroladas se realizó la cuantificación e identificación de los microorganismos presentes, con ensayos de antagonismo entre los mismos y se evaluó su actividad respiratoria durante un año de almacenamiento del producto en condiciones naturales. En el periodo evaluado no se encontraron variaciones significativas en la composición físico-química y biológica del producto en la etapa evaluada. Estos resultados sugieren que el producto pudiera considerarse como un consorcio microbiano, siendo necesario profundizar sobre este aspecto, con el estudio de otras propiedades biológicas del Liplant, lo cual permitirá ampliar el rango de las potencialidades que brinda el extracto para incrementar la eficiencia de su utilización y de los residuos obtenidos en el sistema productivo de su elaboración.

Palabras clave: vermicompost, microorganismos benéficos, bioestimulante, consorcio microbiano.

ABSTRACT. The effect bioestimulant Liplant of the vermicompost extract is proven in the different cultivations and like an alternative that contributes to the sustainability from the agroecosystem when being used in way sitematic, but its stability is ignored after a time of storage under natural conditions, information of great importance for the elaboration of a technology of application of the extract in the most rational different cultivations and of a bigger positive impact. The present work had as objective of determining the stability of an obtained extract of vermicompost of bovine manure, through the count and the activity of groups of microorganisms beneficent present in him and in its capacity to sustain its working life after a year of storage. Under conditions you control and semicontrolled was carried out the quantification and identification of the microorganisms presents, with rehearsals of antagonism among the same ones and its breathing activity was evaluated during a year of storage of the product under natural conditions. In the valued period they were not significant variations in the composition physical-chemistry and biological of the product in the valued stage. These results suggest that the product could be considered as a microbial consortium, it being necessary to deepen this aspect, with the study of other biological properties of Liplant, which will allow to expand the range of potentialities offered by the extract to increase the efficiency of its use and of the waste obtained in the productive system of its elaboration.

Keywords: vermicompost, benefic microorganisms, bioestimulante, microbial consortium.

^{*}Autora para correspondencia: Mayra Arteaga, e-mail: mayra@unah.edu.cu

Recibido: 12/09/2019.

Aprobado: 12/06/2020.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas ecológicas obtenidas a partir de residuos del propio agrosistema para lograr incrementar la capacidad productiva de los cultivos y los suelos, en correspondencia con los principios de sostenibilidad y los lineamientos de la estrategia medioambiental, se encuentra entre las demandas más trascendentales de investigación identificadas en los programas científicos actuales. El uso de materiales humificados, compostados y vermicompostados con componentes microbiológicos, así como sus derivados han mostrado sus grandes bondades según Senés *et al.* (2019), no solo en el incremento de los rendimientos de los cultivos, protección ante eventos de estrés biótico y abiótico, sino también en el mejoramiento de las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas de los suelos (Zandonadi *et al.*, 2014; Arteaga *et al.*, 2018). En este mismo sentido la utilización de biopreparados con microorganismos benéficos y promotores del crecimiento vegetal, ha tomado también gran auge, así como la combinación de sus efectos con los materiales antes mencionados (Cueto y Mesa, 2018).

Es reconocida la capacidad de los extractos de vermicompost como bioestimulantes del crecimiento vegetal y su acción protectora y mejoradora del sistema suelo-planta-agua en su utilización sistemática (Amador *et al.*, 2018; Arteaga *et al.*, 2018).

El extracto de vermicompost Liplant presenta una alta heterogeneidad en su composición: 36,2 % p/v de contenido de Materia Orgánica, de este el 25,82 % p/v es de extracto húmico total (12,78 % p/v ácidos húmicos y 13,04 %p/v de ácidos fúlvicos). Contiene hormonas del tipo Auxinas (AIA, AIP) con 0,5-2 mg/L, Giberelinas (GA3) con 0,5-2 mg/L, Citoquininas (Adenina) con 0,01-0,5 mg/L, 8 Aminoácidos libres (9,33 mg/L), 12 elementos minerales (3637,02 mg/L), lo cual demuestra que es un producto con alto contenido nutritivo (Caro, 2004). La caracterización microbiológica realizada al producto, mostró la presencia de microorganismos benéficos semejantes a los existentes en el vermicompost que le da origen, suelo y en la rizofera de las plantas (Arteaga *et al.*, 2007).

Para la elaboración de una tecnología de orientación de la aplicación del bioestimulante más eficientes es imprescindible determinar la estabilidad microbiológica y físico-química del extracto de vermicompost Liplant, después de un año de obtenido y almacenado en condiciones ambientales. Con este fin,

se caracterizó la presencia y la actividad respiratoria de los microorganismos benéficos seleccionados del producto durante esta etapa y se determinó la capacidad antagónica entre los microorganismos del Liplant y otros constituyentes de otros bioproductos; además se evaluó la capacidad del mismo para sustentar la vida activa de los mismos en dicha etapa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se desarrollaron en el laboratorio de investigación del departamento de fisiología vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado a 3,5 km de Tapaste, San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, bajo condiciones controladas y semicontroladas, con tres repeticiones por tratamiento.

Para el desarrollo del estudio y la selección de los microorganismos estudiados se tomaron como criterios los referidos por Moreno *et al.* (2018), al seleccionar géneros rizoféricos, bacterias y hongos promotores del crecimiento vegetal de gran importancia y los resultados referidos por Arteaga *et al.* (2007), en la cuantificación y estudio de antagonismo de los grupos de benéficos de hongos, bacteria y actinomicetos presentes en el Liplant y con cepas de microorganismos benéfico y patógenos.

Evaluación de la estabilidad del producto después de un año de almacenamiento

Se valoraron tres lotes de extracto de vermicompost Liplant, obtenidos en tres momentos diferentes en el departamento de Química de la UNAH, según metodología propuesta por Caro (2004), a partir de humus de lombriz de estiércol vacuno® producido por el Instituto de Suelo. Se almacenaron durante un año a temperatura (°C) y humedad (%) ambiental del laboratorio, cuyos comportamientos se encontraron entre $22-23 \pm 2$ °C y de 77a 79,8 %, respectivamente. Estas variables climatológicas se hallaron cercano del rango de la media histórica de la zona, de acuerdo a la información obtenida en la Estación Meteorológica de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque en el año 2017.

Para determinar la estabilidad del producto se realizó una dinámica de evaluación en cinco momentos (20, 30, 60, 180 y 360) días después de su elaboración (dde), de las propiedades físico-químicas y biológicas, reflejadas en la Tabla 1.

TABLA 1. Indicadores físico- químico y biológicos evaluados

Indicadores	Método	Referencia
Aislamiento y cuantificación microbiológica de rizoféricos benéficos presentes en el Liplant en el tiempo.	Método de las diluciones seriadas, siembra en los medios de cultivo selectivos y conteos directos en placas Petri.	Buckley <i>et al.</i> (2015)
Identificación de microorganismos	Por medios selectivos Caracterización morfofisiológica Pruebas de tinción de Gram	
Interacción e/ microorganismos	Pruebas de antagonismo Método de las anillas (Gauze,1965)	
Actividad respiratoria de los microorganismos (RB)	Método de respiración por evolución de CO ₂	ISO 16072 (2002)
Carbono Biomasa microbiana (Mg Cmic. L ⁻¹)	método de Fumigación-Extracción (FE)	Vance <i>et al.</i> (1987)

Indicadores	Método	Referencia
Cociente de eficiencia metabólica (qCO ₂ /Corg).	qCO ₂ .Corg ⁻¹ = (mg C-CO ₂ basal × g-1Cmic × h ⁻¹) (g Corg g-1) ⁻¹	Dilly <i>et al.</i> (2001)
% Carbono en la materia orgánica	Walkle y Black	ISO 10390 (1999)
% Carbono en los ácidos húmicos	Tyurin con colorimetría λ: 660 nm	Santos y Camargo (2008)
pH a 25°C	Potenciométrico	ISO 10390 (1999)
Conductividad eléctrica a 25°C	Conductimetría	NC 112-01 (2001)
Sólido solubles totales a 25°C	Conductimetría	NC ISO 7722-04: 82 C (2004)
Capacidad de Intercambio Catiónico	Suma de cationes	NC 65-00 (2000)
Contenido de P, K y Na	Colorimetría y fotometría de llama	NC-52-99 (1999)
Coefficiente E4/E6	Espectroscopía UV-vis.λ:465/665nm	(Piccolo <i>et al.</i> , 2005), 2005

Estudio de las propiedades físico-químicas del producto

En 200 mL del extracto Liplant se realizó paralelamente a la dinámica del estudio microbiológico la evaluación de las propiedades físico-químicas: pH, conductividad eléctrica (CE), sólido solubles totales (SDT) y el % Sales, a través de los métodos referidos en la Tabla 1. El pH se determinó directamente en alícuotas del extracto (200 mL), por potenciometría según la norma cubana NC ISO 10390 (1999), en un pH metro PHSJ-3F. Las medidas de pH se realizaron a 25 °C y por triplicado, así como el %sales, la CE, SDT (conductímetro DDSJ-308A). La capacidad de intercambio de catiónico de los agromateriales se determinó por la suma del contenido de cationes (NC 65-00, 2000).

Se realizó la caracterización de la materia orgánica y sus fracciones humificadas con el establecimientos de relaciones de los contenidos de carbono (espectrofotómetro Ray Leigh UV 2601 a 600 nm), con el propósito de valorar su estabilidad. Fundamentalmente los indicadores determinados a partir de la

fracción de AH, establecida en la literatura (Santos y Camargo, 2008), como un marcador directo de la calidad de la MO Humificada. Entre ellos destacan: el 'Índice de humificación: IH (CSH / COT).100%, el de evolución (IE), (CAH/COT).100% y el 'Índice de polimerización: %CAH / %CAF (Piccolo *et al.*, 2005).

Estudio de las propiedades microbiológicas del producto

La cuantificación y el aislamiento de los microorganismos seleccionados presentes en el Liplant, se efectuaron mediante la técnica de las diluciones cuantitativas en medios de cultivos selectivos en placas de Petri, a partir de los métodos referidos en la Tabla 1 y Tabla 2, para las diluciones y medios de cultivos utilizados, bajo condiciones de incubación entre 27-30 °C con tres repeticiones por cada uno de los lotes evaluados. La identificación de los grupos de microorganismos se basó no sólo en el medio de cultivo selectivo, sino también en las características morfológicas y pruebas de tinción de Gram (Buckley *et al.*, 2015).

TABLA 2. Medios de cultivo selectivos y diluciones utilizadas para el aislamiento y desarrollo de los microorganismos

Medio de cultivo	Selectividad	Tiempo de incubación (días)	Diluciones (vermicompost) UFC.m ⁻¹ .L ⁻¹	Diluciones (Liplant) UFC.m ⁻¹ .L ⁻¹
Agar nutriente reforzado King B	Heterótrofos totales	1-3	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁵ -10 ⁷
Rojo Congo (Nfb-RC)	<i>Pseudomonas</i>	3	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁴ -10 ⁶
Agar Ashby	<i>Azospirillum</i>	3	10 ³ -10 ⁵	10 ³ -10 ⁴
Agar Almidón Caseína	<i>Azotobacter</i>	3	10 ³ -10 ⁵	10 ² -10 ⁴
Agar Martin	Actinomicetos	15-21	10 ³ -10 ⁵	10 ² -10 ⁵
	Hongos	7-15	10 ⁴ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁵

2.1. Evaluación de la actividad biológica de los microorganismos en el Liplant.

A partir de la evaluación del CO₂ evolucionado según ISO 16072 (2002) en los mismos momentos planteados con anterioridad (20, 30, 60, 180 y 360 dde), se obtuvo la dinámica respiratoria de los microorganismos del Liplant. Esta se realizó en frascos herméticos vidrio de 500 mL de capacidad, con 200 mL del producto puro, colocados de manera aleatoria con cinco repeticiones para cada lote de bioestimulante Liplant, expuestos a las condiciones existentes de laboratorio (Figura 1).

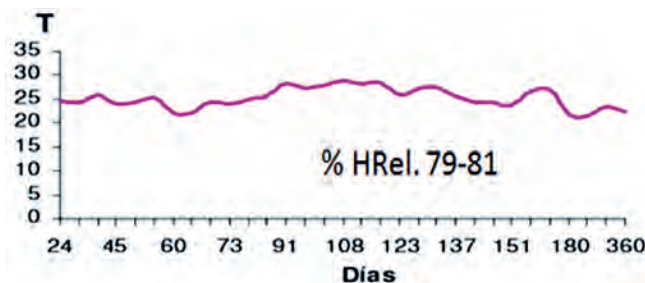


FIGURA 1. Valores de temperatura (°C) y la humedad relativa (%) tomado en el laboratorio.

Estudios de antagonismo entre los microorganismos seleccionados

Se realizaron pruebas de antagonismos *in vitro* a partir del método de difusión en placas Petri con anillos con medios de cultivo selectivos (Tabla 2), entre los microorganismos seleccionados se encontraron: (I) bacterias aisladas del propio Liplant

(*Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*) con (II) cepas de *Rhizobium*, o con hongo micorrízico arbuscular (*Glomus cubense*, sorgo, INCAM-4) y *Azospirillum* brasilense, estas últimas obtenidas de la colección de cepas INCA (Tabla 3). Las placas de ambos medios se triplicaron y fueron incubadas a una temperatura de 28 °C de 3 a 7 días.

TABLA 3. Cepas de inóculos utilizados para su desarrollo medio de cultivo creado con Agar y Liplant como componentes principales

Microorganismos aislados del Liplant	Cepas de Rhizobium (nódulo de Kudsú, KI) (leguminosarum, bv phaseoli) (Bradyrhizobium USDA136, soya)	Liplant puro
<p>Bacterias: <i>Pseudomonas fluorescense</i> y pútidas <i>Azospirillum</i> sp <i>Azotobacter</i> sp <i>Lactobacillus</i> spp <i>Bacillus</i> sp, <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> Actinomicetos: <i>Streptomyces Thermovulgaris</i> Hongos: <i>Penicillium</i></p>	<p>Cepas de Hongo Micorrízico Arbusculares (<i>Glomus cubense</i>) (<i>Glomus mosseae</i>, INCAM-4)</p> <p>Cepas de <i>Azospirillum brasilense</i></p>	<p>Vermicompost sólido (rociado)</p>

Se evaluaron los tratamientos con un 1mL de Liplant puro, en dilución 1/10 (seleccionada por ser una de las diluciones efectivas con mayor concentración de las utilizadas en los momentos en que se realizó el experimento) y el agua como control.

Capacidad del Liplant para el desarrollo de los microorganismos

Se elaboraron dos variantes de medio de cultivo que tienen como componente principal Agar y Liplant, tomando como criterio el método de Hamdy, 1985, citado por Buckley *et al.* (2015), con el fin de determinar la capacidad del producto para el mantenimiento en la etapa evaluada, se utilizaron como medio para el crecimiento de microorganismos seleccionados los que se muestran en la tabla 3. Las inoculaciones como cultivos puros se realizaron en diluciones de 10²-10⁷ufc·mL⁻¹. Las placas de ambos medios se triplicaron y fueron incubadas a una temperatura de 28 °C de 3 a 7 días.

Los datos microbiológicos se transformaron a log (X+1) para dar cumplimiento a la hipótesis de bases establecidas y fueron procesados estadísticamente utilizando el paquete estadístico Statgraphics 5.1, con la realización de un análisis de

varianza simple (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de medias utilizando el test de Tuskey al 95% de confianza.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Evaluación de la estabilidad del producto después de un año de almacenamiento

Estudio de las propiedades físico-químicas del Liplant

La dinámica obtenida de las propiedades físico-químicas del producto seleccionadas para su evaluación durante el año de almacenamiento en condiciones naturales de laboratorio, fresco y a la sombra, reflejó que no ocurren cambios significativos en ellas en esta etapa (Tabla 4). Estas cumplen con los requisitos establecidos para la categoría de Bioestimulante (D' Liñán, 2017). Los valores medios de pH inicialmente se encontraron dentro del rango de pH referido para estos extractos (Caro, 2004; Calderín *et al.*, 2013). Manifestaron características básicas inicialmente, aspecto que no debe ser preocupante debido a las altas diluciones con que son aplicados los extractos a las plantas (1/10, 1/20, 1/40, 1/60, 1/80 V:V).

TABLA 4. Valores medios de las propiedades físico-químicas evaluadas en el Liplant

Lotes de Liplant	pH	CE mS·cm ⁻¹	TDS g·L ⁻¹	% Sales	CIC meq L ⁻¹	Ca/Mg mg·L ⁻¹	P ppm	Cot/Nt
1	8,2-7,6	12,80-12,75	5,54-5,36	0,56-0,51	289,6 -290,0	2,63-2,57	5800- 6300	41,12
2	8,1-7,5	12,80-12,79	5,50-5,45	0,53-0,49	295,4 -298,1	2,63-2,57	6500- 6300	43,50
3	8,3-7,7	12,81-12,78	5,47-5,39	0,55-0,50	299,05 -297,8	2,63-2,57	6500- 6300	42,92
Es	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,3	0,02	0,1

Posteriormente los valores del pH presentaron una tendencia a disminuir hacia la estabilización a valores cercanos a la neutralidad (7). Estas ligeras fluctuaciones, pudieran explicarse por la composición orgánica mayoritaria en el producto que se mantuvo de 36% a un 34%, de acuerdo con lo obtenido por Caro (2004) y lo referido para los extractos húmicos utilizados como bioestimulantes comercialmente (D' Liñán, 2017). En adición, fracciones de baja masa molar presentes en la composición del Liplant (proteínas, carbohidratos, ácidos orgánicos, aminoácidos) pudieran ser degradados por los microorganismos presentes en 'el y como consecuencia de su metabolismo liberar sustancias con carácter ácido que alcanzaran a contribuir en la disminución de los valores del pH del medio.

Se corresponde el contenido de los sólidos solubles totales disueltos, el porcentaje de salinidad y de conductividad eléctrica con lo obtenido por Caro (2004), de 12,82 mS·cm⁻¹, y la composición del producto referida por este autor: hormonas del tipo Auxinas (AIA, AIP) con 0,5-2 mg/L, Giberelinas (GA3) con 0,5-2 mg/L, Citoquininas (Adenina) con 0,01-0,5 mg/L, 8 aminoácidos libres (9,33 mg/L) 12 elementos minerales (3637,02 mg/L), lo cual demuestra el alto contenido nutritivo del producto.

El contenido de sales presentes en los extractos no es elevado, por lo que el posible riesgo por fitotoxicidad al aplicar este extracto sobre las plantas sería mínimo, considerando además las bajas diluciones con que se trabaja. Semejante patrón se muestra en el contenido de Ca y Mg presentes, así como el de Na y K. El contenido de Na del extracto es mucho menor que los encontrados por Caro (2004) al utilizar extractiva con sales de este elemento, siendo aún menores que para otros extractos acuosos de SH con valores por encima de los 500 mg/L (D'

Liñán, 2017). Esto pudiera estar relacionado con el hecho de que en las mezclas extractivas utilizadas para las extracciones estudiadas se sustituyeron las sales de Na por K, lo que explica el mayor contenido de este último en los extractos.

La incorporación de K según Berbara y García (2014), consigue aumentar la resistencia de las plantas ante los procesos de estrés; en tanto que si falta se reduce la floración, fructificación y desarrollo de ellas. Es el catión celular más abundante que se requiere para ejercer roles bioquímicos y fisiológicos esenciales como la activación enzimática, procesos de transporte a través de membranas, neutralización aniónica y el potencial osmótico.

El contenido de fósforo se incrementa (Tabla 4), lo cual puede tener sus bases en las sales de P utilizadas en la mezcla extractiva, se corresponde con los obtenidos por Caro (2004). Tiene también su efecto benéfico por la importancia que ofrece este elemento para los cultivos, con su papel fundamental en el aporte energético para la realización de las actividades metabólicas por las plantas. Arteaga *et al.* (2018), al aplicar foliarmente este extracto (1:40 y 1:30 v:v), al cultivo de tomate var. Amalia, obtuvo incrementos de estos nutrientes en las hojas del cultivo.

La caracterización de la materia orgánica presentes en los extractos se refleja en la tabla 5. El porcentaje de Carbono orgánico total para los extractos se encontraron semejantes a lo referido por Caro (2004) de un 25,82% para el Liplant. Se corresponde con el rango referido en la literatura entre un 50% para extractos húmicos D' Liñán (2017) y con los obtenidos por el grupo de MOBI para extractos de vermicompost con procesos de obtención semejantes (Calderín *et al.*, 2016).

El fraccionamiento de las SH presentes en el extracto permite confirmar los resultados anteriores (Tabla 5), en cuanto a la calidad y estabilidad de la materia orgánica presente en el producto.

TABLA 5. Caracterización de la materia orgánica de los extractos obtenidos

Lotes de Liplant	% COT	%C(SH)	%C _{AH} /C _{AF}	E ₄ /E ₆	IH %	IE %
1	35,9-34,3	25,82-23,11	0,95-1,05	4,81-3,96	71,9-67,48	29,9-29,7
2	36,1-35,1	26,00-24,60	0,94-1,02	4,73-3,89	72,02-70,1	30-29,97
3	36,2-35,5	25,79-23,76	0,93-1,02	4,65-3,59	98,8-67	30,3-29,89
Es	0,01	0,02	0,12	0,14	0,2	0,12

La relación %CAH/%CAF es indicativo del grado de humificación de la MO extraída, sus valores próximo a la unidad guarda una adecuada relación entre la fracción húmica y fúlvica, se corresponde con la relación E₄/E₆, que indican que el grado de humificación de este extracto es mediano y que el tipo de humus que se produce es de carácter fulvático, lo que se encuentra en concordancia con la vermicomposta de estiércol vacuno (Martinez *et al.*, 2013). Sugieren un adecuado estado de condensación de la materia orgánica soluble para extractos húmicos utilizados como bioestimulante según D' Liñán (2017), refieren además un grado de evolución de las fracciones húmicas extraídas (Santos y Camargo, 2008).

Los índices de humificación y de estabilidad (IH) y (IE) corroboran lo antes expuesto, siguiendo semejante patrón, lo que evidencia la eficiencia de las extracciones en cuanto a la

salida de fracciones de MOS más polimerizadas y estables (Piccolo *et al.*, 2005). La evolución de estos índices son un claro indicativo de la extracción de una MO humificada de mayor calidad, cuya actividad biológica ha quedado establecida en la literatura, con la aplicación foliar a bajas concentraciones de los mismos a los cultivos (rábano, tomate, lechuga y frijol negro), demostraron la posibilidad de poder ser aplicado como Bioestimulantes (Calderín *et al.*, 2013).

Esta calidad de la MO humificada obtenida explicaría el poder ejercer un efecto buffer y protector con mayor calidad y estabilizada. Siendo esto el fundamento de los valores obtenidos de pH y CE, conjuntamente con el sustento de la MO del producto durante el periodo de evaluación, sin descontar el posible efecto metabólico de los microorganismos en el aporte de material orgánico, lo que puede explicar el contenido de hormonas y precursores de 'estas en el mismo.

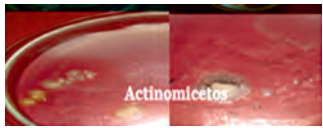
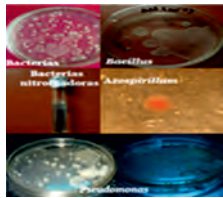
Estudio de las propiedades microbiológicas del producto

La cuantificación de los principales grupos microbianos y familias seleccionadas en el vermicompost (Vc), el extracto del Vc (Liplant) puro y en dilución 1:10 v:v, aparecen reflejados en la Tabla.6. Como se puede apreciar en la misma de manera general el contenido de microorganismos en los grupos evaluados disminuye del vermicompost al Liplant puro y diluido. En los

dos primeros pudiera estar determinado por el proceso de obtención del extracto que se corresponde con lo que ocurre en el compostaje según Zanor *et al.* (2018) y en el último por efecto de estar diez veces más diluido (Arteaga *et al.*, 2007). De acuerdo con lo referido por estos autores, los valores en el vermicompost que le dio origen al Liplant fueron menores que los referidos para composta de residuo vacuno. Por su parte, mayores que los contenidos de microorganismos benéficos referidos por Granada y Prada (2015) en lixiviados agroecológicos vermicompostados.

TABLA 6. Valores medios de los conteos realizados en el vermicompost que le dio origen al Liplant, en dilución Liplant 1:10 v:v y en la dinámica en el Liplant puro días después de elaborado (dde)

Microorganismos	Vermicompost		Dinámica de evaluación en el Liplant puro			Dilución de Liplant 1:10 v:v		
			14- 30 dde	60 -90 dde	180 -360 dde			
Bacterias totales	34-36	10 ⁸	6-6,8	6,9-7,1	6,3-5,6	10 ⁷	1,2-3,5	10 ⁶
<i>Azospirillum</i> sp	6-8	10 ³	4-4,5	4,5-5	3,8-5,6	10 ²	3,1-4	10 ¹
<i>Azotobacter</i> sp	3-5	10 ³	4,3-5,6	5-6,2	4,6-5,9	10 ²	2,4-3,2	10 ¹
<i>Pseudomonas</i> spp	Incontables		2,8-4,6	4,7-5,1	4,7-5,3	10 ⁷	1,3-4,6	10 ⁶
<i>Pseudomonas</i> pútidas			2,2-2,3	2,3-3,1	1,8-2,3	10 ⁵	1,4-1,6	10 ⁴
<i>Pseudomonas fluorescens</i>			4,1-4,6	4,5-5	3,8-4,3	10 ⁶	2,5-3	10 ⁵
<i>Bacillus subtilis</i>			incontables				2,1-2,6	10 ⁴
<i>Bacillus cereus</i>			2,5-2,8	2,7-3,3	1,85-2,5	10 ⁵	2,2-2,4	10 ⁴
<i>Lactobacillus</i> spp			1,1-1,6	1,5-2	0,94-1,3	10 ³	1,0-1,4	10 ²
<i>Bacillus</i> spp	Incontables		4,5-4,8	4,7-5	4,5-4,9	10 ⁵	3,1-3,5	10 ⁵
Es	0,025		0,03				0,045	
Actinomicetos	24-26	10 ⁶	2,2-3,4	2,5-3,7	3,8-4,5	10 ⁴	1,0-1,6	10 ³
<i>Streptomices</i>			1,2-1,4	1,5-2,4	2,8-3,6	10 ⁴	1,1-1,3	10 ³
Es	0,03		0,03				0,035	
Hongos	18-20	10 ⁶	2,2-2,5	2,65-3,3	2-3,5	10 ⁴	1,4-1,6	10 ²
<i>Aspergillus</i>			1,3-1,6	1,5-2,3	2,3-2,8	10 ⁴	1,2-1,5	10 ²
<i>Penicillium</i>			1,4-1,5	1,6-2,8	2,7-3,1	10 ⁴	1,3-1,4	10 ²
Es	0,02		0,02				0,03	



Por lo general se destaca la presencia de microorganismos benéficos y promotores del crecimiento en concentraciones utilizadas como inoculantes microbianos de bacterias promotoras del crecimiento como *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter* SP, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas pútidas*, *Bacillus* SP (Bashan *et al.*, 2014). Estas pudieran ser responsables de la presencia de hormonas de crecimiento, aminoácidos libres, polisacáridos y carbohidratos, elementos inorgánicos, sustancias humificadas y vitaminas en el producto Caro (2004), incluso del mantenimiento

de su estabilidad después de un año de obtenido el producto. Cada una de estas fracciones pudiera ejercer, individualmente, un efecto de estimulación en las plantas, y/o en su conjunto reforzar su actividad, lo que explicaría la marcada respuesta en el crecimiento y desarrollo en los cultivos aplicados (Arteaga *et al.*, 2018). Valiera adicionar, que los microorganismos presentes en el Vermicompost y por tanto en el Liplant pudieran realizar un efecto con carácter antagónico sobre el crecimiento de microorganismos patógenos (Leyva *et al.*, 2017).

Se adiciona su elevada solubilidad que pudiera ser debida a la composición enzimática y bacteriana que presenta, lo que proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas según Morocho y Leiva (2019), aspecto verificado en la aplicación del producto en los diferentes cultivos estudiados (Calderín *et al.*, 2013).

Se destaca además la importancia de la presencia en el producto de estas familias de bacterias como fijadoras biológica del nitrógeno y de solubilizar más eficientemente el fósforo del suelo (*Azospirillum*). Asimismo, como productores de antibióticos procedente de su metabolismo (gramicidina, bacitracina, polimixina), proteasas e insecticidas (*Bacillus*). El *Azospirillum* tiene la capacidad de producir auxinas, citoquininas y giberelinas en medios de cultivo. No obstante, el mecanismo analizado con mayor amplitud ha sido la producción de auxinas, especialmente el ácido indol acético (AIA) (Moreno *et al.*, 2018).

El AIA producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Marquina *et al.*, 2018). En cultivos de *Azospirillum*, además de AIA se han encontrado compuestos indólicos y metabolitos relacionados, tales como: el ácido indol pirúvico, indol láctico, indol acetamida, indol acetaldehído, indol etanol e indol metanol, triptamina, antranilato y otros compuestos indólicos no identificados. (Vega *et al.*, 2016). Por otro lado, Moreno *et al.* (2018), también exponen la capacidad de *Rhizobium* para promover el crecimiento de plantas de tomate, evidenciando la producción de sustancias promotoras del crecimiento de tipo citoquininas, AIA y AIG.

La dinámica de la evolución del CO₂ como resultado de la actividad respiratoria de los microorganismos presentes en el Liplant obtenida durante un año de evaluación después de elaborado se puede apreciar en la Figura 2. Se aprecia notoriamente cuatro intervalos de 24 a 45d, 45 a 91d, 91 a 140d y 140 a 360d.

Entre ellos no se encontraron diferencias significativas (ns)

en la evolución del CO₂ en la dinámica de la respiración de los microorganismos.

Durante los 50 primeros días los valores de evolución de CO₂ se encontraron entre 238-239 mg CO₂·L⁻¹·d⁻¹ posteriormente se incrementaron entre 256-260 mg CO₂·L⁻¹·d⁻¹, con una tendencia a estabilizarse a partir de los 123d entre 263-270 mg CO₂·L⁻¹·d⁻¹. Los valores son menores que los referidos por Guerrero *et al.* (2012), en abono orgánicos compostados y vermicompostados.

La actividad microbiológica global de evolución del CO₂ considerada como el reflejo del nivel energético de un medio dado, pudiera estar determinada por la composición heterogénea del extracto Caro (2004), y la calidad del material orgánico presente. Que se pueden relacionar con ligeras modificaciones producidas en el medio nutritivo de fuentes de C donde se mantienen y desarrollan los microorganismos y poblaciones presentes en el Liplant, ya que los factores ambientales de temperatura y humedad relativa se mantuvieron entre 23-27 °C y 79-81% respectivamente, sin cambios significativos durante la etapa analizada; así como los valores de pH, conductividad eléctrica.

Parece ser que pasado los 45d del estudio se comienzan los microorganismos a tener a su alcance mayor cantidad de compuestos fácilmente biodegradables procedentes de los materiales orgánicos de partida del Liplant considerando el mantenimiento de la actividad de los microorganismos presentes.

Las menores intensidades de emisión de CO₂, reflejarían la presencia de carbono de disponibilidad inmediata en los sustratos orgánicos provenientes de compuestos fácilmente degradables. El carbono final en los materiales compostados pueden obtenerlo de la degradación de fracciones más estables, producto de su propia actividad, después que los de fácil descomposición empiezan a agotarse, lo cual puede corroborarse con el ligero incremento de la relación C/N.

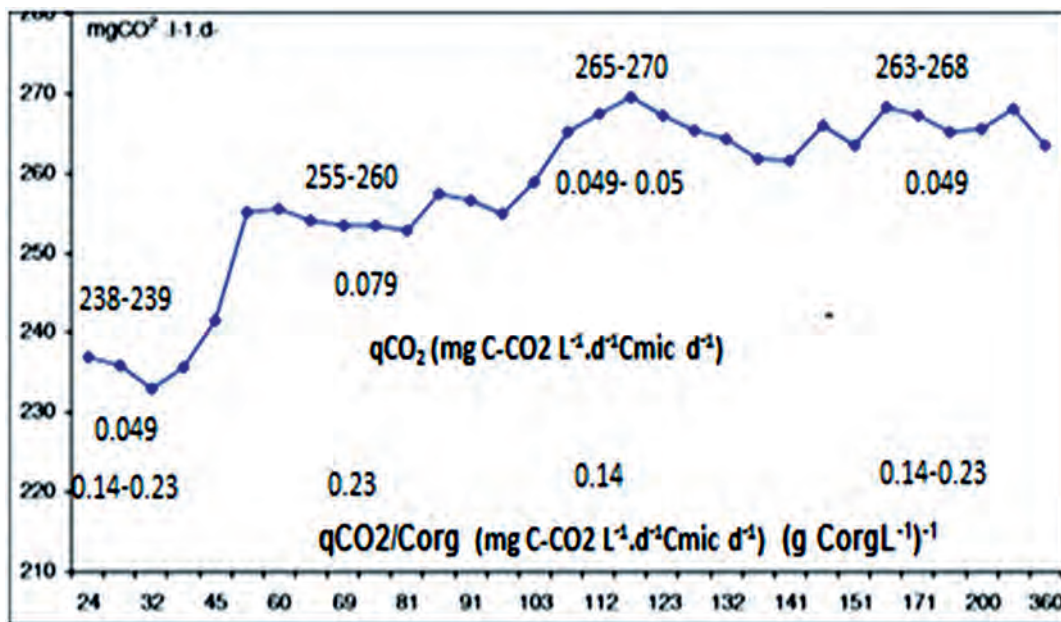


FIGURA 2. Dinámica de la respiración de los microorganismos del Liplant durante un año en días. (ns, Es: 0,94). Valores de los índices fisiológicos (qCO_2 y qCO_2/C_{org}), los 4 momentos más representativos de la dinámica respiratoria.

Los valores obtenidos en el cociente metabólico (qCO_2) demuestran el grado de estabilidad del producto, pues el índice metabólico más utilizado para describir la eficiencia de los microorganismos en el uso de la energía (mantenimiento y crecimiento), demostrando un grado de madurez del producto. Este índice varía con la composición y el estado fisiológico de la comunidad microbiana, la disponibilidad de sustratos y varios factores abióticos como pH, textura, temperatura y carbono orgánico (Gómez, 2018). Bajo condiciones favorables de estabilidad, los microorganismos requieren de menos energía para mantener la biomasa y por lo tanto disminuye los valores del qCO_2 y el carbono se pierde como CO_2 , los intervalos de los valores de los índices bajos y sin diferencias significativas entre ellos durante la dinámica desarrollada demuestra la estabilidad del producto durante esta etapa. Se corrobora con los cociente de eficiencia metabólica qCO_2 / C_{org} , el cual integra el contenido de carbono orgánico, la respiración basal, la biomasa microbiana y el contenido de carbono orgánico. Los microorganismos son más eficientes desde el punto de vista energético si este cociente es menor, y se incrementa cuando la respiración es mayor, la biomasa microbiana disminuye y el sustrato es menos rico y de menor calidad en carbono orgánico (Dilly *et al.*, 2001). Los valores de este estudio son inferiores al intervalo anteriormente referido por Gómez (2018), para materia orgánica de suelos. Además estos apoyan los obtenidos en la caracterización de la materia orgánica del Liplant que demuestran que contiene un material orgánico de más difícil descomposición y una fuerte inmovilización del nitrógeno debido al grado de estabilidad del material, lo que indica también el mantenimiento de su estabilidad después de un año de obtenido el producto y por tanto sus efectos.

El desprendimiento de CO_2 es un indicador sensible a los cambios que ocurren en la transformación de la materia orgánica, y por tanto de la tasa de mineralización de la misma, al expresar el porcentaje de carbono que se mineraliza en un periodo de tiempo determinado; por lo que los valores obtenidos bajos junto a los 'índices fisiológicos analizados sugieren la calidad en el tiempo de un año del Liplant como bioestimulante estable

que mantuvo el contenido de materia orgánica al permitir una menor pérdida de C orgánico en forma de CO_2 .

De acuerdo con esto, el número de microorganismos presentes en el producto se relaciona positivamente con el comportamiento de la dinámica respiratoria, dada por las condiciones adecuadas de desarrollo, fundamentalmente de neutralidad, con la cual hay un aumento en la actividad respiratoria provocada por una mayor degradación de la MO de carácter fulvático, la cual muestra una tendencia a disminuir en esta etapa, aunque no de manera significativa.

La composición de sustancias orgánicas lábiles que pueden suministrar carbono a la actividad microbiana unido a la posibilidad de una pérdida por consumo de las fracciones más lábiles de la MO, como la fracción de 'ácidos fúlvicos, sugerido por la tendencia de aumento de la relación de C AH / C AF. Según Guerrero *et al.* (2012), en el proceso de transformación de la materia orgánica por parte de los microorganismos utilizan las fracciones lábiles como fuente de energía, provocando un aumento en la liberación del CO_2 , por lo que el contenido de carbono disminuye.

Lo planteado anteriormente se puede fundamentar al observar en la Figura 2, donde se muestra el acumulado de CO_2 obtenido, el cual mantiene sus valores máximos en esta etapa evaluada (90-180 días), disminuyendo el contenido de MO a partir de este momento sugerido por el incremento de su degradación durante la actividad biológica de los microorganismos.

Esta actividad pudiera estar determinada por el grupo mayoritario de microorganismos que son las bacterias, también existir modificaciones por la actividad metabólica de los actinomicetos, donde se presenta una ligera disminución del contenido de MO. Se lograrían presentar también, estructuras de mayor complejidad como la celulosa y la quitina, que crean condiciones específicas para que estos últimos (actinomicetos) que determinen que proliferen.

De manera general se pudo determinar que los microorganismos en el Liplant mantienen un actividad respiratoria basal con valor promedio de $258.07 \text{ mg } CO_2 \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$ liberado.

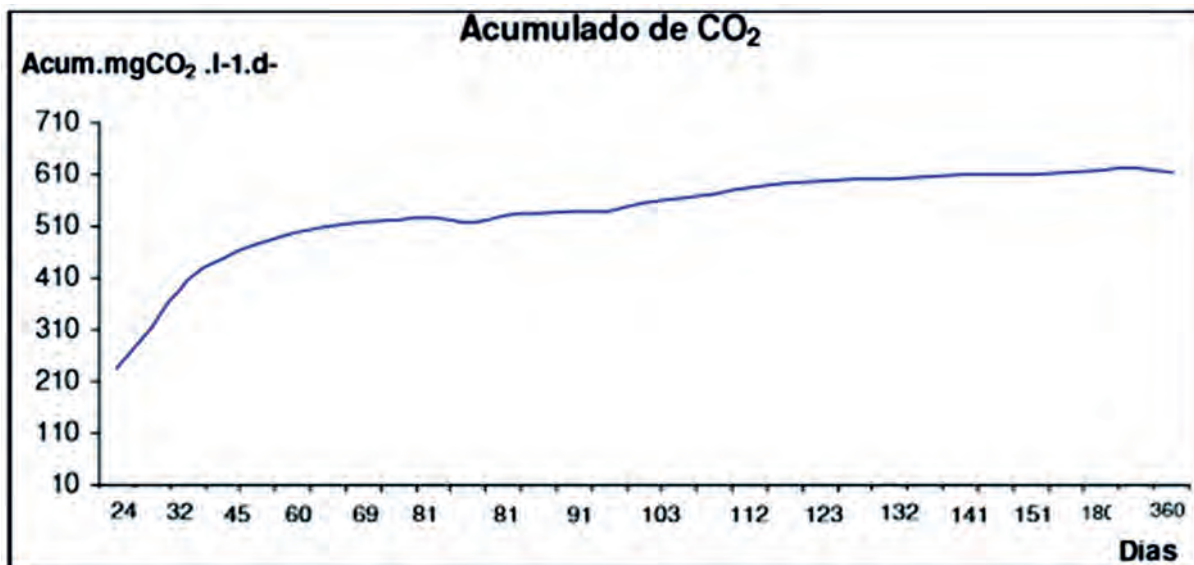


FIGURA 2. Dinámica del acumulado de CO_2 en el Liplant.

El C orgánico interviene en las propiedades biológicas, básicamente actuando como fuente energética para los organismos heterótrofos presentes, efecto que pudiera ser el principal determinante de su estabilidad.

Estos resultados pueden contribuir a explicar por qué el Liplant mantiene su efecto estimulante al aplicarse a diferentes cultivos como tomate, frijol negro, fruta bomba, col, entre otros; después de haberse mantenido un año almacenado en condi-

ciones naturales, mantenido a la sombra y en lugares frescos según Arteaga *et al.* (2007), lo que llevó a motivar el desarrollo de la presente investigación. Esto determinaría que la utilidad del Liplant puede ser extensiva hasta un año después de su obtención, mantenido en condiciones frescas de temperatura.

La evaluación de la capacidad antagónica de los extractos frente a diferentes microorganismos en condiciones *in vitro* se representa en la Figura 3.



FIGURA 3. Evaluación del efecto antagónico de los inoculantes de bacterias.

El extracto de vermicompost puro como en las diluciones que generalmente son empleadas cuando son aplicados foliarmente en las plantas (1:20, 1:40 y 1:60, 1/80 v:v) no mostraron efecto antagónico con respecto a los microorganismos benéficos del suelo

R. leguminosarum bv *phaseoli*, *T. harziarum*, *B. bassiana* y *L. lecanii*. La ausencia de halo de inhibición alrededor de las anillas, sugiere que al medio no se difundieron sustancias con capacidad de inhibir el crecimiento de las poblaciones de microorganismos evaluados (Leyva *et al.*, 2017). De la misma forma tampoco se evidenció capacidad antagónica sobre microorganismos fitopatógenos reconocidos en plantas de frijol como *Fusarium* sp.

Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Arteaga *et al.* (2007) cuando determinó por medio de la misma técnica el antagonismo del extracto de vermicompost puro y en dilución 1/10.

Lo obtenido aparentemente contradictorio puede deberse a la abundancia y mantenimiento de nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico también estabilizada (Tabla 4), que le permite al medio el aporte de los mismos unido al resto del mantenimiento de condiciones adecuadas del medio en el sustrato que pueden lograr una estabilidad metabólica en los microorganismos nativos presente desde el material de origen vermicompostado.

Parece ser que existen cantidades suficientes de nutrientes para la comunidad microbiana presente en el producto que pudieran determinar en que los mecanismos de antagonismo no se expresen

suficientemente para que ocurra competencia entre los microorganismos existentes, lo cual se corresponde con lo planteado por Morales *et al.* (2017). Según estos autores, la capacidad de los microorganismos para secretar sustancias con actividad antagónica, se manifiesta principalmente en cepas microbianas que habitan en ecosistemas donde los nutrientes o factores ambientales son limitantes y por tanto la expresión de mecanismos de competencia se manifiestan, siendo un elemento importante para valorar la sobrevivencia de las poblaciones microbianas en el medio donde se encuentren.

De acuerdo con lo antes expuesto unido a la experiencia obtenida en la aplicación (concentraciones y momentos) y el impacto del producto teniendo en cuenta la dificultad para identificar determinados efectos debido a la gran complejidad de su composición: grupos fundamentalmente de Aminoácidos, hormonas de crecimientos, material humificado con alta calidad, macro y micro elementos nutritivos y microorganismos benéficos Caro (2004) y Arteaga *et al.* (2007); sugieren la posibilidad de efectos sinérgicos entre los componentes activos presentes en el producto. De acuerdo con esto, pudiera pensarse en un sistema complejo que se asemeja a la actividad de un consorcio microbiano de acuerdo con lo referido en la literatura (Centeno *et al.*, 2019).

Estos autores lo refieren como una asociación natural de un conjunto de diversas especies de microorganismos que interactúan conjuntamente como una comunidad en un siste-

ma complejo cuyos miembros mantienen diversas funciones, habilidades metabólicas complicadas, optimizadas, protectoras y compatibles ecológicamente, que no pueden ser desarrolladas por las poblaciones individuales, para su mutuo beneficio con estilos de vida sinérgicos o sintróficos en el que el crecimiento, el flujo cíclico de nutrientes y materia orgánica se puede conducir de forma más efectiva y eficientemente, los cuales se encuentran presentes en el propio bioestimulante, representando organizaciones vitales asociadas de manera sostenible, estable y eficiente para el equilibrio del ecosistema.

Todo esto encierran la posibilidad de ampliar el espectro de impactos, la vía de aplicación y por tanto la tecnología de manejo del producto en el trabajo futuro.

CONCLUSIONES

- La composición de sustancias nutritivas y activas está determinada por la constitución microbiológica del extracto de vermicompost, su estabilidad tiene su fundamento principal en la preservación de la actividad biológica en las condiciones físico- químicas del producto, menor pérdidas de C y por tanto la sustentabilidad de su calidad en el tiempo de un año de producción almacenado en condiciones ambientales frescas, lo cual explica la extensión de su capacidad y versatilidad para su uso en la etapa de un año después de su elaboración; además el mantenimiento y desarrollo de la vida microbiana en su seno, sugiere semejanzas a la actividad de un consorcio microbiano natural y estable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, H.V.; PADRÓN, V.V.; GURIDI, I.F.: “Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental”, *Cultivos Tropicales*, 39(4): 102-104, 2018, ISSN: 0258-5936, e-ISSN: 1819-4087.
- ARTEAGA, B.M.; GARCÉS, P.N.; PINO, P.J.A.; OTAÑO, C.L.; VEUBIDES, A.H.: “Extracto de vermicompost Liplant una alternativa para el desarrollo de la agricultura de conservación”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(3): 31-41, 2018, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- ARTEAGA, M.; GARCÉS, N.; NOVO, R.; GURIDI, F.; PINO, J.; ACOSTA, M.; PASOS, M.; BESÚ, D.: “Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo: influence of LIPLANT bioestimulant systematic application on some soil biological indicators”, *Revista de Protección Vegetal*, 22(2): 110-117, 2007, ISSN: 1010-2752.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L.E.; PRABHU, S.; HERNANDEZ, J.P.: “Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013)”, *Plant and soil*, 378(1): 1-33, 2014, ISSN: 0032-079X, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x.378>.
- BERBARA, R.L.; GARCÍA, C.A.: “Humic Substances and Plant Defense Metabolism”, [en línea], En: *Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment*, Ed. Springer, New York, NY, USA, pp. 297-319, 2014, ISBN: 978-1-4614-8590-2, Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-8591-9_11, [Consulta: 14 de septiembre de 2018].
- BUCKLEY, D.H.; MARTINKO, J.M.; BENDER, D.A.; STAHL, J.M.; MADIGAN, M.Y.M.: *Brock biología de los microorganismos*, Ed. Pearson, 14.ª ed., New York, NY, USA, 1132 p., 2015, ISBN: 9788490352793.
- CALDERÍN, G.A.; DE SOUZA, A.L.G.; GONZÁLEZ, G.M.; CASTRO, R.N.; GARCÍA, M.J.M.; ZONTA, E.; LISBOA, G.F.J.; BERBARA, L.R.L.: “Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants”, *Scientific reports*, 6(1): 1-10, 2016, ISSN: 2045-2322, DOI: 10.1038/srep20798.
- CALDERÍN, G.A.; GURIDI, I.F.; HERNÁNDEZ, G.O.L.; DE ARMAS, D.M.M.; HUELVA, L.R.; REBATO, M.S.; MARTÍNEZ, B.D.; BERBARA, L.R.L.: “Biotechnology of humified materials obtained from vermicomposts for sustainable agroecological purposes”, *African Journal of Biotechnology*, 12(7): 625-634, 2013, ISSN: 1684-5315, DOI: 10.5897/AJBX12014.
- CARO, I.: *Caracterización de algunos parámetros químico-físicos del Liplant, humus líquido obtenido a partir del vermicompost de estiércol vacuno*, Universidad Agraria de La Habana, Tesis de Maestría en Ciencias de la Química Agraria, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, 60 p., 2004.
- CENTENO, C.L.G.; QUINTANA, D.A.; LÓPEZ, F.F.L.: “Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú”, *Arnaldoa*, 26(1): 433-446, 2019, ISSN: 2413-3299, DOI: <http://dx.doi.org/10.22497/>.
- CUETO, I.L.M.; MESA, R.J.R.: “Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes in vitro y trasplante de fruta bomba (Carica papaya, L.) en la Cooperativa de Crédito y Servicios Manuel Ascunce, Cienfuegos.”, *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(3): 103-111, 2018, ISSN: 2415-2862, e-ISSN: 2415-2862.
- D’ LIÑÁN, V.C.: *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*, Ed. Agrotecnias S.A., Madrid, España, 2017, ISBN: 978-84-16389-23-0.
- DILLY, O.; WINTER, K.; LANG, A.; MUNCH, J.: “Energetic eco-physiology of the soil microbiota in two landscapes of southern and northern Germany”, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164(4): 407-413, 2001, ISSN: 1436-8730, DOI: 10.1002/1522-2624(200108)164:4<407.
- GÓMEZ, P.J.E.: “Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos”, *Terra Latinoamericana*, 36(1): 13-22, 2018, ISSN: 0187-5779, DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.257>. 2017.
- GRANADA, T.C.A.; PRADA, M.Y.: “Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos”, *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2): 169-182, 2015, ISSN: 2145-6097, e-ISSN: 2145-6453.
- GUERRERO, O.P.L.; QUINTERO, L.R.; ESPINOZA, H.V.; BENEDICTO, V.G.S.; SÁNCHEZ, C.M. de J.: “Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de Lupinus”, *Terra Latinoamericana*, 30(4): 355-362, 2012, ISSN: 0187-5779.
- ISO 10390: *Calidad del suelo. Análisis Químico. Determinación del % de Materia Orgánica Calidad del suelo. Determinación del pH*, [en línea], ISO (International Organization for Standardization), 1999, Disponible en: <https://www.iso.org/standard/40879.html>, [Consulta: 14 de septiembre de 2016].

- Revista Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 10, No. 3 (julio-agosto-septiembre, pp. 38-48), 2020
- ISO 16072: "Soil Quality Laboratory Methods for Determination of Microbial Soil Respiration", *Geoderma*, 162: 251–259, 2002.
- LEYVA, R.L.; CRUZ, M.M.; ACOSTA, S.M.; PICHARDO, T.; BERMÚDEZ, C.I.; ALVARADO, C.Y.: "Antagonismo in vitro de cepas de *Bacillus* spp. frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*", *Biología Vegetal*, 17(4): 229-236, 2017, ISSN: 2074-8647.
- MARQUINA, E.M.; RAMÍREZ, Y.; CASTRO, Y.: "Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón *Capsicum annum* L. Var. *cacique gigante*", *Bioagro*, 30(1): 3-16, 2018, ISSN: 1316-3361.
- MARTINEZ, B.D.; OLIVARES, L.F.; SPACCINI, R.; AGUIAR, P.K.; ARAÚJO, M.F.; AGUIAR, O.N.; GURIDI, I.F.; CANELLAS, P.L.: "Molecular characteristics of vermicompost and their relationship to preservation of inoculated nitrogen-fixing bacteria", *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 104: 540-550, 2013, ISSN: 0165-2370, DOI: [http:// dx.doi.org/ doi:10.1016/ j.jaap.2013.05.015](http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jaap.2013.05.015).
- MORALES, B.B.M.; VÁZQUEZ, G.F.J.; GONZÁLEZ, F.R.; DE LA MORA, C.A.; QUIÑONEZ, M.M.; DÍAZ, S.Á.G.; MARTÍNEZ, M.A.; NEVÁREZ, M.V.; VALERO, G.J.: "Evaluación de la capacidad antagonista de cepas del orden bacillales aisladas de lixiviados de lombricomposta sobre hongos fitopatógenos", *Acta universitaria*, 27(5): 44-54, 2017, ISSN: 0188-6266, DOI: 10.15174/au.2017.131.
- MORENO, R.A.; GARCÍA, M.V.; REYES, C.J.L.; VÁSQUEZ, A.J.; CANO, R.P.: "Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable", *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1): 68-83, 2018, ISSN: 0123-3475, DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707.
- MOROCHO, M.T.; LEIVA, M.M.: "Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas", *Centro Agrícola*, 46(2): 93-103, 2019, ISSN: 2072-2001, versión On-line ISSN 0253-5785.
- NC 65-00: *Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de cationes intercambiables del suelo*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 8 p., Vig de 2000.
- NC 112-01: *Calidad del suelo. Determinación de la conductividad eléctrica y sales solubles totales en suelos afectados por salinidad. Rel. suelo-agua I*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 5 p., vig de 2001.
- NC ISO 7722-04: 82 C: *Determinación de los sólidos solubles totales*, no. 82 C, Inst. Oficina Nacional de Normalización (NC), Método de ensayo. Cuba Control, La Habana, Cuba, 2004.
- NC-52-99: *Calidad del suelo*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, Vig de 1999.
- PICCOLO, A.; CONTE, P.; SPACCINI, R.; MBAGWU, J.S.C.: "Influence of land use on the characteristics of humic substances in some tropical soils of Nigeria", *European journal of soil science*, 56(3): 343-352, 2005, ISSN: 1351-0754, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2004.00671>.
- SANTOS, G.; CAMARGO, F.: *Fundamentos de la Materia Orgánica do solo. Ecosystems tropicais & subtropicals. 2da Génesis*, Ed. Metro-polis, 2da Génesis ed., Brasil, 654 p., 2008, ISBN: 978-89-85401-73-9.
- SENÉS, G.C.; GUARDIOLA, M.C.E.; PACHECO, M.A.: "Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México", *AGROProductividad*, 12(3): 17-22, 2019, DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1348>.
- VANCE, E.D.; BROOKES, C.P.; JENKINSON, S.D.: "An extraction method for measuring soil microbial biomass C", *Soil biology and Biochemistry*, 19(6): 703-707, 1987, ISSN: 0038-0717.
- VEGA, C.P.; CANCHIGNIA, M.H.; GONZÁLEZ, M.; SEEGER, M.: "Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias", *Cultivos Tropicales*, 37(Especial): 33-39, 2016, ISSN: 0258-5936, DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.5158.3609>.
- ZANDONADI, B.D.; SANTOS, P.M.; MEDICI, O.L.; DA SILVA, J.M.: "Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças.", *Embrapa Hortaliças-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 32(1): 14–20, 2014, ISSN: 1806-9991, 0102-0536.
- ZANOR, G.A.; LÓPEZ, P.M.E.; MARTÍNEZ, Y.R.; RAMÍREZ, S.L.F.; GUTIÉRREZ, V.S.; LEÓN, G.M.: "Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor", *Ingeniería, investigación y tecnología*, 19(4): 1-10, 2018, ISSN: 1405-7743, 2594-0732, DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.036>.

Mayra Arteaga, Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: mayra@unah.edu.cu

René Novo Sordo, Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Química, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: mayra@unah.edu.cu

José A. Pino, Profesor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Matemática, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: mayra@unah.edu.cu

Jesús Rodríguez Cabello, Investigador, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: mayra@unah.edu.cu

Aymara Pérez González, Investigadora, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: mayra@unah.edu.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.