

Una evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de cultivos aromáticos

Paula Catalina Méndez Ríos¹

Myriam Silva Marín²

Francy Méndez Casallas³



Artículo de investigación

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2018 ■ **Fecha de aceptación:** 20 de octubre de 2018

Méndez-Ríos, P.-C., Silva-Marín, M., & Méndez-Casallas, F. (2018). Una evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de cultivos aromáticos. *Revista de Investigaciones de Unigraria*, 6(1). 124-135.

Resumen

Los microorganismos de montaña (mm) pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural no intervenido, su uso permite mejorar las condiciones del suelo, por lo que la adición de preparados microbianos con el fin de acelerar la degradación de materia orgánica en el compostaje se ha implementado en prácticas agrícolas alrededor del mundo.

El objetivo de este proyecto es evaluar mm aislados de suelo proveniente de la finca El Exilio en el municipio de Tenjo, Cundinamarca y establecer su potencialidad como aceleradores de compostaje a través de cultivos agrícolas.

Se realizó la toma de nueve muestras de suelo constituidas por hojarasca y humus siguiendo el método de muestreo simple al azar, se secaron y tamizaron empleando un tamiz de 1 mm, posterior a esto se realizó la bioaumentación empleando agua peptonada al 2 %. Para la identificación y el aislamiento se realizaron diluciones seriadas desde 10^{-2} hasta 10^{-16} y se sembró según la técnica de placa vertida. La identificación de especies se realizó con pruebas bioquímicas usando Vitek 2.0 para las bacterias, además de caracterización macroscópica y microscópica para los hongos y uso de claves dicotómicas. Finalmente se llevó a cabo el uso de MM en la producción de compostaje que posteriormente se empleó en cultivos de aromáticas, en este caso hierbabuena y toronjil. Se espera determinar la biodiversidad de mm en la zona e implementar una alternativa de agricultura sostenible.

Palabras clave: microorganismos de montaña, compostaje, residuos sólidos domésticos.

Clasificación JEL: Q24, R14, Y40.

¹ Estudiante de Biología de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: pmendez12@unisalle.edu.co

² Bacterióloga. Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: msilva@unisalle.edu.co

³ Microbióloga. Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: fmendez@unisalle.edu.co

An evaluation of mountain microorganisms (MM) in the production of aromatic crops

Abstract

The mountain microorganisms (MM) can be found in the superficial and organic layer of all soil of a natural ecosystem not intervened, its use allows to improve the soil conditions by what the addition of microbial preparations in order to accelerate the degradation of Organic matter in composting has been implemented in agricultural practices around the world. Therefore, the objective of this project is to evaluate mountain microorganisms isolated from soil from the El Exilio farm in the Municipality of Tenjo-Cundinamarca and establish their potential as composting accelerators through agricultural crops. We took nine soil samples consisting of litter and humus following the simple random sampling method, dried and sieved using a 1 mm sieve, after which bioaugmentation was performed using 2% peptonated water. For the identification and isolation, serial dilutions were made from 10^{-2} to 10^{-16} and planted according to the poured plate technique. The identification of species was carried out with biochemical tests using Vitek 2.0 for bacteria, in addition to macroscopic and microscopic characterization for fungi and the use of dichotomous keys. Finally, the use of MM was carried out in the composting production that was later used in aromatic crops, in this case: Spearmint, Melissa. It is expected to determine the biodiversity of MM in the area and implement an alternative sustainable agriculture.

Keywords: Mountain Microorganisms, Composting, Domestic Solid Waste.

Introducción

El suelo es uno de los ecosistemas más diversos que proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, debido a las diversas interacciones entre suelo, microorganismos y ambiente que se dan en él (García, 2015). Para la sostenibilidad de los ecosistemas se ha potenciado el uso de microorganismos benéficos, entre ellos, los MM (Campo, Acosta, Morales y Prado, 2014; García, 2015) que se constituyen por colonias de mohos, levaduras y bacterias autóctonas (Campo *et al.*, 2014), que van a biotransformar la materia orgánica, acelerando la descomposición de materia orgánica y la degradación de sustancias tóxicas (Corrales y Montoya, 2016).

El desarrollo de esta práctica se llevó a cabo en los años 80 por Teruo Higa y surgió como una alternativa para producir microorganismos eficientes de bajo costo, aprovechando la diversidad microbiana autóctona, taxonómica y funcionalmente empleando medios de cultivo poco sofisticados (García, 2015).

Los MM generalmente provienen de zonas con poca intervención humana y se utilizan como fertilizantes que ayudan a eliminar otros microorganismos patógenos por comportamientos antagónicos (Campo *et al.*, 2014; Ramos, León, García y Aguilar, 2016). Las interacciones que presentan los MM son múltiples, entre ellos se encuentran bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, actinomicetos, hongos filamentosos y levaduras (García, 2015), entre los que están *Rhodopseudomonas spp*, *Lactobacillus spp*, *Saccharomyces spp* y actinomicetos (Campo *et al.*, 2014) que desarrollan una metabolización de nutrientes para el mejoramiento del suelo, aprovechando las comunidades microbianas nativas de la región (García, 2015).

Por otro lado, el aumento poblacional ha generado una carga ambiental mayor sobre el suelo y el aire (Rodríguez y Tafur, 2013),

por lo cual el uso de fertilizantes y pesticidas ha aumentado exponencialmente con el fin de mejorar la productividad de los cultivos (Álvarez, Gómez, Herrera y Echavarría, 2013); donde el desecho incorrecto de los residuos sólidos se ha convertido en una potente fuente de contaminación ambiental (Rodríguez y Tafur, 2013) generando erosión del suelo, desequilibrio fisicoquímico y microbiológico (Álvarez *et al.*, 2013; Rodríguez y Tafur, 2013) y en casos más extremos puede desencadenar problemas de salud pública por una alta concentración de compuestos orgánicos (He *et al.*, 2013; Junta de Andalucía, 2003).

Estos residuos sólidos domésticos se caracterizan por ser restos alimenticios de origen animal o vegetal (García, 2015) que en presencia de oxígeno son biodegradables y se pueden procesar para elaborar compostaje (Álvarez *et al.*, 2013), mediante un proceso biooxidativo donde se lleva a cabo la mineralización y la humificación de sustancias orgánicas por medio de reacciones microbianas, dando lugar a un producto altamente estable (Mesas y Alegre, 2011) considerado como abono orgánico gracias a su alto contenido de nutrientes (Álvarez *et al.*, 2013).

En la transformación de la materia orgánica (compostaje) se ve implicada una sucesión de comunidades microbianas (Mesas y Alegre, 2011) en presencia de oxígeno y nutrientes como el nitrógeno y el carbono (Román, Martínez y Pantoja, 2015), los microorganismos liberan calor a lo largo de este proceso por lo cual se van a hacer visibles tres etapas (Umaña, Rodríguez y Rojas, 2017): una primera fase mesófila donde se inicia la transformación de materia orgánica a temperatura ambiente y al cabo de unos días esta aumenta a 45 °C; una segunda fase termófila donde la temperatura supera los 45 °C y se adicionan bacterias termófilas, con el fin de degradar fuentes de carbono más complejas y, finalmente, una tercera etapa donde se presenta una segunda fase mesófila, la temperatura baja hasta los 40 °C y se inicia el proceso de maduración (Román *et al.*, 2015).

El uso del compostaje produce un enriquecimiento directo del suelo, aportando elementos esenciales para su mejoramiento como nitrógeno, fósforo y potasio (Román *et al.*, 2015), mejorando así la estructura del suelo y la movilización de los nutrientes (Rodríguez y Tafur, 2013; Umaña *et al.*, 2017); sin embargo, el compostaje no logra proveer la cantidad suficiente de macronutrientes que ofrecen los fertilizantes agroquímicos del mercado (Álvarez *et al.*, 2013; Rodríguez y Tafur, 2013).

Actualmente, el desarrollo de una agricultura sostenible es vital para satisfacer la demanda alimenticia y para mantener servicios ambientales para la vida (Castro, Murillo, Uribe y Mata, 2015), donde se ve implicado el modelo de producción agrícola que ha promovido la inoculación con microorganismos para la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de patógenos (He *et al.*, 2013). En estudios anteriores se ha sugerido que la adición de microorganismos autóctonos al compostaje puede solucionar los requerimientos de macronutrientes, dado que esta combinación puede desarrollar una sinergia metabólica (Campo *et al.*, 2014; Higa y Parr, 1989).

La adición de MM, conocidos también como “consorcios microbianos”, se presenta como una nueva alternativa por su diversidad funcional y su composición (Castro *et al.*, 2015), ya que van a cumplir roles benéficos en los procesos biológicos que se llevan a cabo en los suelos (He *et al.*, 2013); siendo una alternativa artesanal y de bajo costo sin tener efectos nocivos o patógenos, ni estar modificados genéticamente (Castro *et al.*, 2015; Higa y Parr, 1989), donde además, por tratarse de microbiota nativa, se va a enriquecer biológicamente el abono (Castro *et al.*, 2015) ayudando a la activación y la recuperación de la vida en el suelo por medio de los biopreparados fermentados (Borrero, Arias, Campos y Pacheco, 2015).

Adicional a esto, se ha reportado que los MM pueden tener un efecto insecticida, lo cual va a tener un resultado positivo en la germinación

y productividad de biomasa y peso seco en las plantas provenientes de un tratamiento con adición de MM (Ramírez, 2017).

Caracterizar la biodiversidad de los microorganismos cultivables de montaña en los suelos colombianos es de suma importancia, porque actualmente se desconoce cerca del 99 % de la diversidad microbiana (Lizarazo y Gómez, 2014) y la eficiencia de los MM ha sido demostrada en varios países (Sánchez, Ospina y Montoya, 2017), aportando una aproximación de la función que tienen en la elaboración de compostaje y su papel en el mejoramiento de la calidad del suelo.

Actualmente, en el municipio de Tenjo, no se tienen reportes acerca de la diversidad microbiana de montaña del suelo ni se tiene conocimiento sobre la eficiencia que pueden tener ciertos microorganismos autóctonos en la producción de compostaje, para que a largo plazo este se pueda emplear con el fin de optimizar el manejo de los residuos orgánicos de la zona y producir cultivos orgánicos. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar MM aislados de suelo proveniente de la finca El Exilio en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, como potenciales aceleradores de compostaje a través de cultivos de aromáticas.

Métodos

Área de estudio

El municipio de Tenjo está localizado a los 4° 52' 27" de latitud norte y 74° 08' 54" de latitud oeste, con una precipitación media de 742 MM. Se encuentra en la cordillera oriental colombiana (figura 1), limitando con los cerros de Juaiuca al norte y Majui al sur, y de manera longitudinal al río Chicú que se considera su principal fuente hidrográfica, ya que atraviesa de norte a sur el municipio. La vereda Martín Espino donde se encuentra ubicada la finca el Exilio cuenta con 735 hectáreas, lo que equivale al 6,5 % total de la extensión del municipio (Gómez, 2016).



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: elaboración propia.

Recolección de microorganismos de montaña

Selección y cuadrícula del terreno

El terreno correspondió a una zona con una altura media de 2630 m s. n. m. en la finca El Exilio en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, en la vereda Martín y Espino, ubicada a $4^{\circ} 51'' 2'$ al norte $54^{\circ} 6'' 4'$ al oeste. El área total del terreno fue de 10 m², alrededor del este se realizó una cuadrícula tomando un metro por cada lado, empleando estacas de 30 cms para los extremos y de 20 cms para los interiores, sujetándolas con pita de color blanco.

Toma de muestras

Se seleccionaron ocho cuadrantes de manera aleatoria evitando los extremos (figura 2), para cada muestra se recolectó como mínimo 1000 g de la capa superficial del suelo de cada cuadrante y se depositó en bolsas de polietileno con cierre hermético, se tomó una novena muestra constituida de hojarasca perteneciente a los ocho cuadrantes. A cada cuadrante se le midió la altura (m s. n. m.), temperatura (°C), pH y el peso (g) y se les asignó un código de muestra (M00, M01, M02, M03, M04, M05, M06, M07, M08) respectivamente, donde a la muestra de hojarasca se le asignó el código M00. Las muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología de la Universidad de La Salle para ser procesadas.

X				X	X				X
	1	2							
		X					X	3	
								4	
X				X					X
X				X					X
	7	X					X		
	8					6	5		
X				X					X

Figura 2. Distribución de los cuadrantes en el terreno

Fuente: elaboración propia.

Secado y tamizado del suelo

Las muestras se extendieron por separado en $\frac{1}{4}$ de papel kraft marcado con el código de cada muestra y se dejaron secar al ambiente durante cuatro días. Posterior a esto se realizó el tamizado empleando una tamizadora BioBase 112586, con tamices de 2 mm, 1,4 mm, 1,2 mm y 1 mm con una duración total de 360 segundos; una vez terminado este proceso se conservó el suelo obtenido después del tamiz de 1 mm en bolsas de polietileno con cierre hermético para realizar la bioaumentación. Para la muestra de hojarasca (M00), posterior al secado, se realizó un molido para facilitar el proceso de tamizaje.

Bioaumentación de los MM del suelo

Activación de MM

Para cada muestra se tomaron 90 ml de agua peptonada al 2 % en un frasco *Schott* de 250 ml y se le adicionaron 10 g de suelo, se mezclaron y se dejaron durante siete días en un *shaker* a 165

rpm y a 37 °C; esta solución se denominó solución madre y al cabo de los siete días se detuvo el *shaker* y se procedieron a realizar las diluciones seriadas y las siembras.

Diluciones seriadas y siembras

A partir de la activación de MM se tomó 0,1 ml de cada solución madre y se adicionó sobre 9,9 ml de agua peptonada estéril, con el fin de realizar diluciones 1/100 desde 10^{-2} hasta 10^{-16} . Para las siembras se utilizaron las diluciones desde 10^{-6} hasta 10^{-16} de cada muestra y se sembraron por técnica de placa vertida en Agar spc, adicionando 0,1 ml de cada dilución sobre la cual se añadieron aproximadamente 20 ml de Agar, se realizaron movimientos circulares en el sentido de las manecillas del reloj, en contra, verticales y horizontales, con el fin de homogeneizar la muestra. En Agar pda se sembró, adicionalmente, con técnica por extensión en placa con ayuda de un asa Digralsky de cristal estéril tomando 0,1 ml de cada dilución y extendiéndola con movimientos circulares. Se sembró la solución madre por

agotamiento en Agar Cetrimide, McConkey, emb y Baird-Parker (bp).

Caracterización de MM

Se realizó el recuento de mesófilos totales y se hizo el cálculo de las unidades formadoras de colonias (UFC) para la dilución de 10-14 de cada muestra; por otro lado, se efectuó la caracterización macroscópica de cada una de las colonias, teniendo en cuenta el color, la superficie y el borde, y caracterización microscópica, con el fin de visualizar la morfología de cada colonia y su coloración, esto se llevó a cabo por medio de una tinción de Gram y la observación en el microscopio a 100x, además se realizó registro fotográfico de cada colonia.

Este proceso se realizó para los medios diferencias y el agar SPC; para el agar pda se realizó igualmente el recuento de UFC y se hizo la caracterización macroscópica, destacando características del anverso y el reverso de cada colonia en la *caja de petri*, donde además para los hongos filamentosos se registró el diámetro, para la caracterización microscópica se realizó un montaje en fresco de mohos y levaduras con azul de lactofenol y se observó a 10x y 40x en el microscopio, se describieron las diferentes estructuras y se hizo registro fotográfico.

Identificación de MM

La identificación de las colonias bacterianas se realizó por medio del sistema de identificación bioquímica automatizado Vitek 2.0, empleando tarjetas gn (Gram Negative). Para esto se realizaron diluciones de cada colonia bacteriana en 3 ml de solución salina al 45% con el fin de obtener una densidad entre 0,7 y 0,9 en la escala de McFarland que se midió usando un densitómetro. Posteriormente, se dispusieron las tarjetas en las diluciones y se realizó la lectura pasadas 16 horas. Además, se tuvieron en cuenta características macroscópicas y microscópicas. Para las colonias fúngicas se utilizaron claves dicotómicas de J.A von arx, (1974).

MM en fase sólida

Para la activación de los microorganismos se tomaron nueve kg de suelo fértil que se mezclaron con 11 kg de semolina de arroz como fuente de proteína y dos kg de melaza de caña disueltos en cuatro litros de agua sin clorar, con el fin de aportar carbohidratos. Se mezcló homogéneamente y se adicionó un litro de agua sin clorar para mantener la humedad al 40 % que se midió empleando la prueba del puño. La mezcla se depositó en un contenedor de 60 litros y se compactó con el fin de eliminar y evitar la acumulación de oxígeno. Se cerró herméticamente y se dejó reposar en sombra durante siete días. Al octavo día se midió el pH de la mezcla que estaba por debajo de cuatro, presentando olor agridulce y color café-anaranjado (Ramos *et al.*, 2016).

MM en fase líquida

Esta fase se realiza con el objetivo de reproducir los microorganismos que se encuentran en estado de latencia, se agregara un kilogramo de MM que se depositaran en una tela porosa y se añadirán 18 litros de agua sin cloro y un kilogramo de melaza, esto se introducirá en un contenedor evitando que los MM toquen las paredes del mismo, se sellará herméticamente para evitar la entrada de oxígeno para la activación de mohos, levaduras y bacterias bajo sombra en un período de 15 días (Ramos *et al.*, 2016).

Producción de compostaje usando los MM aislados y activados en la bioaumentación

Elaboración del compostaje

Se realizará según la metodología propuesta por Palmero (2010) en un sistema tradicional en pilas y la adición de los MM se hará pasados los 14-20 días de su activación (Rodríguez y Tafur, 2013).

Uso de MM en cultivos agrícolas de aromáticas

El compostaje elaborado se usará en una prueba piloto con cultivos aromáticos de *Melissa officinalis* y *Mentha spicata*; el cultivo se realizará siguiendo la metodología propuesta por Corrales y Montoya (2016); usando un cajón de madera de 30 cm de profundidad y un metro de largo, el cual se forrará con plástico aislante, se dividirá en cuatro compartimentos con el fin de sembrar 10 semillas por cada tratamiento de planta aromática y 10 semillas germinadas como control.

Resultados

Parámetros in situ

Como resultados preliminares se ha obtenido que, en cada cuadrante, como se

observa en la tabla 1, se registraron los parámetros *in situ*. Para la muestra M00 no se obtuvo ningún parámetro dadas las condiciones de la muestra. La temperatura de cada cuadrante se encontró en un rango entre 14 °C y 16 °C, donde las muestras M06, M07, M08 corresponden a 14 °C, las muestras M03, M04 tuvieron 16 °C y las muestras M01 y M05 obtuvieron una temperatura de 15 °C. Por otro lado, el pH estuvo en un rango entre 7,6 y 8, siendo las muestras M02 y M06 las más alcalinas y la M04 la más neutra. Finalmente, los cuadrantes seleccionados se encontraron en alturas entre los 2362 m s. n. m. para la muestra M02, ubicada en el extremo superior izquierdo del terreno y 2579 m s. n. m. para la muestra M08, ubicada en el extremo inferior izquierdo.

Tabla 1. Parámetros in situ de las muestras recolectadas

Parametro Muestra	Temperatura	pH	Altura
M00	-	-	-
M01	15	8	2389
M02	16	8,5	2362
M03	16	8,3	2391
M04	16	7,6	2451
M05	15	7,8	2523
M06	14	8	2550
M07	14	7,9	2559
M08	14	7,7	2579

Fuente: elaboración propia.

Caracterización e identificación de MM

En los medios diferenciales se lograron aislar alrededor de siete morfotipos diferentes pertenecientes al género *Pseudomonas spp*, caracterizados por formar colonias de bacilos gram negativos no esporulados y sin cápsula, con apariencia blanca, borde liso, forma circular y textura cremosa en cetrimida, donde además al observar bajo luz uv refleja presencia de fluorescencia.

Entre los microorganismos más abundantes se encontró la especie *Escherichia coli*, caracterizada por presentar en su morfología bacilos gram negativos sin cápsula con colonias de color negro azulado, apariencia cremosa, forma circular, superficie convexa y borde redondo con presencia de brillo metálico en agar EMB.

Por otro lado, en agar bp se identificaron colonias de *Proteus mirabilis* caracterizadas por sus estructuras morfológicas de bacilos sin cápsula que tiñen gram negativo y presentaban colonias con coloración negra, apariencia cremosa superficie planoconvexa, forma circular y borde redondo.

En las bacterias identificadas por medio de Vitek 2.0 se encontraron: *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella oxytoca*, *Pseudomonas stutzeri*, *Sphingomonas paucimolis*, *Serratia fonticola*, *Serratia liquefaciens*, *Rhizobium radiobacter*, *Citrobacter freundii*, *Brucella melitensis*, *Acitenobacter iworffii* y *Myroides spp*.

Se lograron identificar mohos pertenecientes al género *Penicillium spp*, caracterizados por su morfología de hifas sin septo y presencia de fialide con conidios que formaron colonias en el anverso de color verde, forma filamentosa, textura arenosa y borde lobulado, y en el reverso de color naranja con borde blanco sin generar coloración al medio y algunos *Fusarium spp* y *Aspergillus spp*.

Discusión

El análisis microbiológico obtenido resultó en una alta presencia de bacterias, media en hongos y sin evidencia de actinomicetos, contrario a lo sugerido por Ramírez (2012), quien habla de MM como inóculos microbianos con altas poblaciones principalmente de hongos; sin embargo, en el estudio de Campos *et al.* (2016) se obtuvo una tendencia baja en hongos, media en bacterias y alta en actinomicetos.

Se identificaron bacterias patógenas como *Pseudomas sp.* y colonias fúngicas de *Fusarium sp.*, de lo cual Campos *et al.*, (2016) infieren que son propias de una zona agrícola, por lo cual sugieren su uso potencial en la agricultura doméstica. Adicionalmente se evidenció presencia de *Rhizobium radiobacter*, encargada de la fijación de nitrógeno y propia del suelo (Piñerúa *et al.*, 2013), que, en lo propuesto por Richardson *et al.*, (2009) eutrophication, climate change, translocation and habitat modification appear to be promoting jellyfish (pelagic cnidarian and ctenophore se indica que la inoculación con estas aumenta la absorción de nutrientes como Ca, K, Fe, Cu, Mn, Zn, además disminuyen el pH de la rizósfera, haciendo que los nutrimentos estén disponibles en zonas adyacentes a la raíz.

A futuro, por medio del compostaje y los cultivos aromáticos, se espera comprobar lo demostrado por Camacho, Uribe, Newcomer, Masters y Kinyua, (2018) y Castro *et al.*, (2015), donde por medio de la adición de MM se beneficien las propiedades químicas y biológicas del suelo utilizado en las unidades experimentales, que a su vez promuevan el crecimiento de las plantas de hierbabuena y toronjil. Donde los MM actúen como agente optimizador del compostaje, obteniendo un producto final con una mayor concentración de macronutrientes, contenido de materia orgánica, carbono, retención de humedad y concentración de biomasa microbiana, que finalmente les permita ser utilizados como insumo en un modelo de agricultura sostenible.

Referencias

- Álvarez, J., Gómez, C., Herrera, F. y Echavarría, M. (2013). Rediseño y optimización de un dispositivo de compostaje a pequeña escala para ser utilizado en proyectos de agricultura urbana. *Revisita Elementos*, 3, 159-172.
- Borrero, G., Arias, D., Campos, R. y Pacheco, F. (2015). Comparative study on the use of two substrates with microbial inoculants for organic solid waste domestic composting: Economic Analysis. *Tecnología en Marcha*, 29(1), 28-37.
- Campo, A., Acosta, R., Morales, S. y Prado, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.
- Campos, R., Brenes, L., y Jiménez, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(Suppl. 5), 25-32. doi: 10.18845/tm.v29i8.2982
- Campos, R. (2013). *Manual de suelos - Guías de Laboratorio de campo*. Bogotá: Editorial Universidad de La Salle.
- Camacho, F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K. y Kinyua, M. (2018). Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (Ldbio). *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2), 330-341. doi: 10.22458/urj.v10i2.2163
- Castro, L., Murillo, M., Uribe, L. y Mata, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 21-36.
- Core Team. (2013). *R a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de <http://www.R-project.org/>
- Corrales, M. y Montoya, J. (2016). *Viabilidad ambiental de la humanaza producida en la Granja Escuela Agroecológica Mutualitos y Mutualitas como residuo orgánico aprovechable*. Bogotá: Editorial Universidad de La Salle.
- Cruz, N. (2010). *Aprovechamiento y manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando microorganismos eficientes de montaña (MM) aislados de dos bosques secundarios de Costa Rica*. Disponible en <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/2867>
- Fedepapa y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Guía ambiental para el cultivo de papa*. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- García, J. (2015). Caracterización de los residuos sólidos ordinarios presentes en el área de interés paisajístico Alonso Vera (Girardot, Cundinamarca) y sus posibles implicaciones ambientales. *Luna Azul*, 1(40), 213-223.
- Gómez, J. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal de Tenjo*. 1-116
- He, Y., Xie, K., Xu, P., Huang, X., Gu, W., Zhang, F. y Tang, S. (2013). Evolution of microbial community diversity and enzymatic activity during composting. *Research in Microbiology*, 164(2), 189-198.

- Higa, T. y Parr, J. (1989). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medioambiente sostenibles. *Centro Internacional de Investigación de Agricultura Natural*. Fundases.
- Junta de Andalucía, CMA. (2003). *Compuestos orgánicos: Informe final*. Bogotá: Editorial Universidad de La Salle.
- Lizarazo, P. y Gómez, D. (2014). Rizospheric Microbial of Espeletia spp fro, Santa Inés and Frontino-Urrao Paramos in Antioquia, Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 20(1), 175-182. doi:10.15446/abc.v20n1.42827
- Mesas, J. y Alegre, M. (2011). El papel de los microorganismos en la elaboración del vino. *Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo*, 2(38270), 174-183.
- Pacheco, F. (2009). Evaluación de la eficacia de la aplicación de inoculos microbiales y de Eissenia Fétida en el proceso de compostaje domestico de desechos urbanos (Tesis de maestría). Universidad pública de Navarra, Navarra, España.
- Palmero, R. (2010). Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. *Servicion Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular Tenerife*. Tenerife, España: Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Piñerúa, J., Zambrano, R., Calcaño, C., Montaña, C., Fuenmayor, Z., Rodney, H. y Rodney, M. (2013). Endocarditis infecciosa por Rhizobium radiobacter: Reporte de un caso. *Investigación Clínica*, 54(1), 68-73. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0535-51332013000100007&lng=es&tlng=es.
- Ramirez, S. (2017). *Manejo de excretas de ovejas mediante compostaje, inoculado con Microorganismos de Montaña (MM) nativos en la Finca Experimental Santa Lucia, Herida* (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Costa Rica Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Heredia, Costa Rica.
- Ramos, F., León, J., García, M. y Aguilar, E. (2016). *Caracterización físico-química del biofertilizante con Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamprano, Honduras*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Restrepo, J. y Hensel, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica. Fosfitos y panes de piedra*. Cali: Jairo Restrepo Rivera.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., & Gibbons, M. J. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(6), 312-322. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.01.010>
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2015). *Farmer's compost handbook. Experiences in Latin America*. Latinoamérica: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Rodríguez, N. y Tafur, Z. (2013). Producción de microorganismos de montaña para el desarrollo de una agricultura orgánica. *IV CONACIN*, 28(2010).
- Sánchez, Ó., Ospina, D. y Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*, 26. doi:10.1016/j.wasman.2017.08.012
- Umaña, S., Rodríguez, K. y Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 133-144.

Vázquez, M. y Soto, M. (2017). The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Management*, 64, 39-50.

Von Arx, J. A. (1974) The genera of fungi sporulating in pure culture. 2ed. Cramer, Vaduz. 315 p.