

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ECONÓMICA EN LA
ELABORACIÓN DE COMPOST UTILIZANDO TRICHODERMA
HARZIANUM Y UN CONSORCIO BACTERIANO EN RESIDUOS
ORGÁNICOS**

**PHYSICOCHEMICAL AND ECONOMIC EVALUATION IN THE
PRODUCTION OF COMPOST USING TRICHODERMA HARZIANUM
AND A BACTERIAL CONSORTIUM IN ORGANIC WASTE**

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ECONÓMICA EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST UTILIZANDO *TRICHODERMA HARZIANUM* Y UN CONSORCIO BACTERIANO EN RESIDUOS ORGÁNICOS

PHYSICOCHEMICAL AND ECONOMIC EVALUATION IN THE PRODUCTION OF COMPOST USING TRICHODERMA HARZIANUM AND A BACTERIAL CONSORTIUM IN ORGANIC WASTE

Orlando Marcelo Gualavisí Cachiguango¹
Wilma Alexandra Farinango Guzmán²
Daysi Johanna Vallejo Espinosa³

¹Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, Ecuador, orlando.gualavisí@proyecto2000.edu.ec

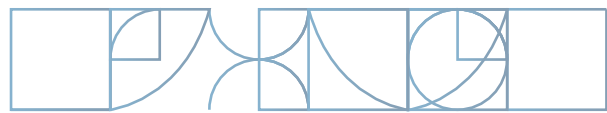
²Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, Ecuador, wilma.farinango@proyecto2000.edu.ec

³Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, Ecuador, dajovaes@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en evaluar la capacidad de descomposición de residuos vegetales en respuesta a la acción metabólica de *Trichoderma harzianum* y un consorcio bacteriano (*Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* y *Lactobacilli*) y de los factores asociados a esta sobre la producción de compost para lo cual se estableció un ensayo con cuatro tratamientos basado en uso de microorganismos mencionados frente a un testigo. Se realizó cuatro repeticiones por tratamiento en un diseño completo al azar donde se evaluó las propiedades físicas químicas como pH, peso humedad, relación carbono-nitrógeno, olor, color además de la relación beneficio costo. Del análisis funcional a los 75 y 90 días de ensayo, para pH y peso presentaron diferencias altamente significativas, en tanto que para humedad no se detectó significancia estadística. Por otra parte, la relación carbono-nitrógeno del tratamiento consorcio bacteriano registró la mayor relación con 30.78 a los 75 días y 32.05 a los 90 días. Finalmente, del análisis económico se deduce que el tratamiento consorcio bacteriano fue el que alcanzó la mayor relación Beneficio Costo de 1.46 es decir que por cada dólar invertido y recuperado se gana 0.46 dólares.

Palabras claves: compost, microorganismos, rentabilidad, carbono-nitrógeno, descomposición.



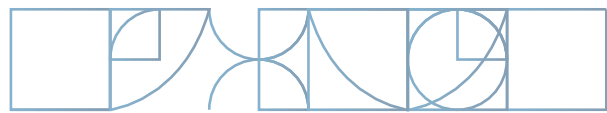
ABSTRACT

*The present study focused on evaluating the decomposition capacity of plant residues in response to the metabolic action of *Trichoderma harzianum* and a bacterial consortium (*Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* and *Lactobacilli*) and the factors associated with this on compost production. For this purpose, a test was established with four treatments based on the use of the aforementioned microorganisms against a control. Four repetitions per treatment were carried out in a complete randomized design where the physical and chemical properties such as pH, weight and humidity, carbon-nitrogen ratio, odor, color, and the cost-benefit ratio were evaluated. From the functional analysis at 75 and 90 days of testing, highly significant differences were found for pH and weight, while no statistical significance was detected for humidity. On the other hand, the carbon-nitrogen ratio of the bacterial consortium treatment registered the highest ratio with 30.78 at 75 days and 32.05 at 90 days. Finally, from the economic analysis it can be deduced that the bacterial consortium treatment was the one that achieved the highest Benefit Cost ratio of 1.46, meaning that for every dollar invested and recovered, 0.46 dollars are earned.*

Keywords: compost, microorganisms, profitability, carbon-nitrogen, decomposition

Recibido: Agosto 2024
Received: August 2024

Aceptado: Diciembre 2024
Accepted: December 2024





1. INTRODUCCIÓN

La utilización de fertilizantes químicos provoca un efecto negativo sobre el ambiente y ecosistemas. Entre lo que se puede destacar es la destrucción de los microorganismos del suelo, resultando en daños irreparables en la biodiversidad y afectando los procesos de descomposición de la materia orgánica [1].

Como producto de las malas prácticas de reciclaje de residuos vegetales, no son aprovechados adecuadamente, contribuyendo al colapso del sistema salubre, generando focos de contaminación, contrariamente a su aprovechamiento en la producción de abonos orgánicos [2].

El producto de la degradación de la materia vegetal permite obtener una fuente de abono natural para plantas, tanto de campo como para pequeños huertos familiares [1].

En la agricultura, como regla general es necesario el uso de alternativas del reciclaje de residuos orgánicos, utilizando procesos de compostaje, ya sea a través de la lombricultura o implementación de microorganismos con la finalidad de dotar a los desechos orgánicos compostados características productivas que sean aprovechadas por las plantas [3].

Los microorganismos contribuyen de manera positiva en la degradación de residuos de materia orgánica vegetal, siempre y cuando las condiciones de humedad, temperatura, y composición, sean favorables para la descomposición [4].

Los trabajos citados anteriormente se relacionan con esta investigación, que busca conocer el rango de degradación de los residuos vegetales en respuesta a la aplicación de microorganismos.

El objetivo de esta investigación fue: comparar los parámetros fisicoquímicos de los productos obtenidos del proceso de compostaje como respuesta a la utilización de microorganismos: hongos *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido lácticas e identificar diferencias nutricionales de estos sustratos.

La hipótesis planteada en la investigación fue si existe diferencias en el proceso de degradación de residuos orgánicos al aplicar microorganismos como hongos benéficos y un consorcio de bacterias ácido lácticas.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio, las muestras fueron tomadas de los tratamientos implementados para evaluar la actividad microbiológica en el proceso de producción de compost, en la parroquia de Solanda, cantón Quito.

En esta investigación, se implementó un diseño completo al azar “DCA”, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Estos tratamientos fueron evaluados en dos periodos de tiempo (a los 75 y 90 días). Su esquema se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema de los tratamientos.

Tratamientos		Dosis
Número	Código	
1	TH ₃₀₀	Concentración 300ufc <i>Trichoderma harzianum</i> 75 días
	TH* ₃₀₀	Concentración 300ufc <i>Trichoderma harzianum</i> 90 días
2	BAL ₃₀₀	Concentración 300ufc Em's bacterias ác. Lácticas 75 días
	BAL* ₃₀₀	Concentración 300ufc Em's bacterias ác. Lácticas 90 días
3	THB ₃₀₀	Concentración 150ufc <i>Trichoderma</i> + 150ufc Em's 75 días
	THB* ₃₀₀	Concentración 150ufc <i>Trichoderma</i> + 150ufc Em's 90 días
0	T1	Testigo 1 Sin aplicación 75 días
	T2*	Testigo 2 Sin aplicación 90 días

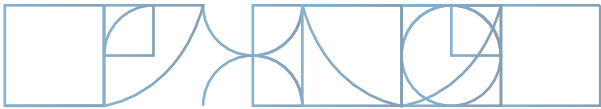
Los parámetros físicos y químicos analizados en los sustratos obtenidos del proceso de compostaje fueron: pH, peso, temperatura, humedad, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, carbono y la relación carbono/nitrógeno.

Los parámetros físicos y químicos fueron analizados en los Laboratorios de Suelos de Agrocalidad, que siguen los lineamientos consensuados por la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador “RELASE” y métodos nacionales e internacionales (NTE-INEN-17025, Standard Methods).

En la evaluación del pH fue realizado “in situ” en cada unidad experimental. Para efecto se utilizó un instrumento electrónico portátil digital específico para sustratos.

La evaluación del peso de los tratamientos en estudio se realizó con una balanza digital calibrable. Para el diagnóstico de esta variable se tomó en cuenta el peso del recipiente donde se realizó el ensayo. Los pesajes fueron realizados diariamente, hasta los 90 días de finalización del ensayo.

La humedad fue analizada con un higrómetro, multiparamétrico portátil. En efecto se realizó la valoración de la totalidad de unidad experimental.





Los parámetros, nitrógeno total, carbono orgánico, material orgánica y relación carbono/nitrógeno de cada tratamiento se realizaron las pruebas del caso. Nitrógeno se valoró por el método Kjendahl y carbono total por incineración de la muestra.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Temperatura

Para la variable temperatura se evidenció una variación en los tratamientos, se observó fluctuación de temperaturas en el periodo de evaluación, registrando una temperatura mínima de 19°C y una máxima de 35°C, ver Figura 1.

La temperatura es un factor importante que varía en función de la actividad biológica de los microorganismos. Al inicio del proceso de compostaje es lento hasta llegar la fase termófila cuyo incremento de temperatura es necesario para la descomposición e higienización del compost [5].

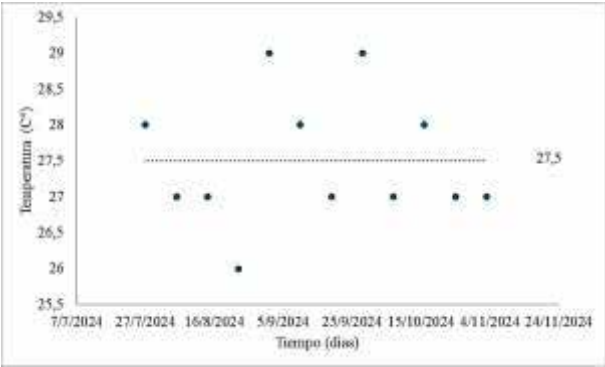


Figura 1. Diagrama de comportamiento de la temperatura en el tiempo de evaluación.

Un rango óptimo de temperatura permite acelerar los procesos biológicos y consecuente descomposición de residuos orgánicos, por lo que a una mayor temperatura los procesos de descomposición son acelerados, contrariamente a una menor temperatura estos procesos de descomposición son reducidos [6].

3.2. Potencial hidrógeno

Según los resultados encontrados al realizar el ADEVA, a los 75 y 90 días de evaluación, de la variable se observa alta significancia estadística en tratamientos. El coeficiente de variación a los 75 días fue 1.27% y a los 90 días fue 4.08% que resulta adecuado para este tipo de experimentos como se indica en la Tabla .

En la medida que incrementa los valores de pH se observa una reducción de la actividad microbiana y el proceso de compostaje tiende a estabilizarse generalmente a la séptima semana [5]

Tabla 2. ADEVA, para pH en la evaluación de *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la conversión de residuos vegetales a compost. Quito-Pichincha, 2021.

F de V	GL	75 días			90 días		
		SC	CM	p-valor	SC	CM	p-valor
Modelo	3	1.32	0.44	0.0004**	4.11	0.3	0.0063**
Tratamiento	3	1.32	0.44	0.0004**	4.11	0.3	0.0063**
Error	4	0.02	0.01		0.26	2.5	
Total	7	1.34			4.37		
CV %				1.27			4.08

** = significancia al 1%
* = significancia al 5%
ns = no significativo

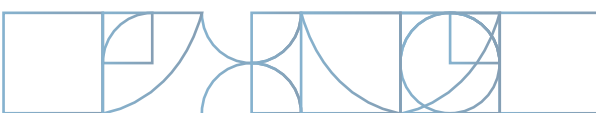
El ADEVA, Tabla 3, muestra para la variable pH tomada a los 75 y 90 días, alta significancia estadística entre los tratamientos, por lo tanto, se procede a realizar la prueba de Tukey al 5%, donde se observa dos rangos de significación los tratamientos (TH, BAL, THB) en el A y B el testigo, como se indica en la Tabla.

Tabla 3. Tukey al 5%, para pH en la evaluación de *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la conversión de residuos vegetales a compost. Quito-Pichincha, 2021.

Tratamientos		Periodos de evaluación	
Codificación	Significado	75 días	90 días
BAL	Trat. Bacterias	5.85 A	6.70 A
THB	Trat. Hongos <i>trichoderma</i> y Em's bacterias ac. lácticas	5.75 A	6.55 A
TH	Trat. Hongos <i>trichoderma</i>	5.75 A	6.55 A
T1	Testigo	4.85 B	4.95 B

Al presentarse una mayor descomposición de residuos existe una mayor liberación de electrolitos: calcio, magnesio, sulfatos que terminan limitando la actividad microbiológica por un incremento significativo del pH [7].

La actividad microbiológica sobre residuos vegetales es favorable en la medida que el pH se encuentre entre los valores de 6.5 a 8.0. Valores superiores de pH a 8.0 limita la actividad microbiológica [8] .



3.3. Peso

Según los resultados obtenidos en el ADEVA de la variable de peso en el periodo de evaluación a los 75 y 90 días, se observa alta significancia estadística en los tratamientos, como respuesta a la evaluación de *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas. El coeficiente de variación a los 75 días fue 0.30% y a los 90 días fue 0.14% que resulta adecuado para este tipo de experimentos como se muestra en Tabla .

En el desarrollo de la descomposición orgánica se observa picos en la disminución del peso, el primer pico y de mayor reducción corresponde a la fase mesófila, en tanto que el segundo pico pertenece a la etapa termófila cuya reducción de peso es menor [5].

Tabla 4. ADEVA, para peso en la evaluación de *Trichoderma harzianum* y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la conversión de residuos vegetales a compost. Quito-Pichincha, 2021.

F de V	GL	75 días			90 días		
		SC	CM	p-valor	SC	CM	p-valor
Modelo	3	1.36	0.45	0.0019**	0.91	0.3	0.002**
Tratamiento	3	1.36	0.45	0.0019**	0.91	0.3	0.002**
Error	4	0.05	0.01		0.01	0.02	
Total	7	1.41			0.92		
CV%				0.30			0.14

** = significancia al 1%

* = significancia al 5%

ns = no significativo

El ADEVA anterior para la variable peso tomada a los 75 y 90 días, muestra alta significancia estadística para tratamientos, por lo tanto, se procede a desarrollar la prueba de Tukey al 5%, Tabla , en la cual se observa dos rangos de significancia, el testigo se encuentra en el rango A y el rango B se encuentran los tratamientos (TH, BAL, THB).

A mayor descomposición se puede observar una reducción del volumen, esto en respuesta a la eficacia microbiológica de bacterias aerobias a la hora de mineralizar la materia orgánica [9].

Tabla 5. Tukey al 5%, para peso en la evaluación de *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la conversión de residuos vegetales a compost. Quito-Pichincha, 2021.

Tratamientos		Periodos de evaluación	
Codificación	Significado	75 días	90 días
T	Testigos	34.60 A	34.40 A
THB	Trat. Hongos <i>Trichoderma</i> y bacterias	35.50 B	35.10 B
TH	Trat. Hongos <i>Trichoderma</i>	35.55 B	35.15 B
BAL	Trat. Em's Bacterias	35.60 B	35.25 B

En la medida que los residuos vegetales se degradan, estos presentan pérdidas de humedad en respuesta a la acción de los microorganismos [9]; [10]. Además, la descomposición de la materia orgánica es el resultado de las reacciones metabólicas de los microorganismos aerobios sobre residuos vegetales y como subproductos de estas reacciones generan agua y gases relacionados [11].

Al comparar la actividad microbiológica inducida en residuos vegetales frescos son mayores a residuos con bajos porcentajes de humedad que generalmente presentan una transformación mínima [10].

Se observa que el tratamiento (BAL) presentó un mayor peso final como respuesta a la acción de los microorganismos aplicados. El peso puede evidenciar el nivel de transformación de los residuos vegetales a compost, por su mayor grado de degradación [9].

Humedad

Según los datos obtenidos correspondiente a los periodos de evaluación 75 y 90 días en la variable de humedad, no se observa diferencias significativas en la conversión de residuos vegetales a compost en respuesta a la aplicación de microorganismos. El coeficiente de variación para los 75 días fue 0.32% y para los 90 días fue 0.73% que resulta adecuado para este tipo de experimentos como indica en la Tabla .

La humedad es un indicador del proceso de descomposición de la materia orgánica. Los valores de humedad se encuentran en un rango del 30 al 40% indican que la descomposición esta por finalizar y que los valores de nitrógeno son bajos [5].

Tabla 6. Análisis de varianza para humedad en la evaluación de *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la conversión de residuos vegetales a compost. Quito-Pichincha, 2021.

F de V	GL	75 días			90 días		
		SC	CM	p-valor	SC	CM	p-valor
Modelo	3	0.09	0.03	0.449 ^{ns}	0.71	0.24	0.289 ^{ns}
Tratamiento	3	0.09	0.03	0.449 ^{ns}	0.71	0.24	0.289 ^{ns}
Error	4	0.11	0.03		0.53	0.13	
Total	7	0.2			1.24		
CV %				0.32			0.73

** = significancia al 1%

* = significancia al 5%

ns = no significativo

En el análisis de varianza de la Tabla 5, se observa para la variable de humedad tomada a los 75 y 90 días, datos no significativos, por lo que se procede a realizar un cuadro de promedios entre los tratamientos y el testigo como indica Tabla 2.

Tabla 2. Promedio para humedad en la evaluación de *Trichoderma harzianum*, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la conversión de residuos vegetales a compost. Quito, Pichincha, 2021.

Tratamientos		Periodos de evaluación	
Codificación	Significado	75 días	90 días
BAL	Trat. Em's Bacterias	52.35	50.30
TH	Trat. Hongos Trichoderma	52.20	49.50
THB	Trat. Hongos Trichoderma y bacterias	52.35	50.25
T1	Testigos	52.10	50.05

La Tabla 2, muestra para la variable de humedad tomada a los 75 y 90 días, no existe diferencia significativa por lo que se procede a realizar un gráfico de los promedios en la Figura 2.

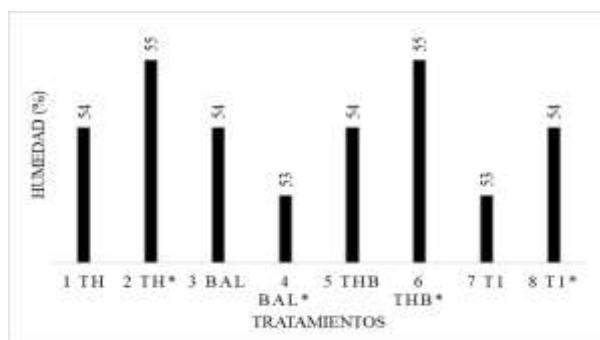


Figura 2. Promedio de la variable humedad entre los tratamientos a los 75 y 90 días.

Los valores de humedad en residuos vegetales a compostar al inicio de la degradación son equilibrados y en la medida que se acerca a la fase termófila de la degradación la pérdida de humedad es mayor [12].

La humedad de los residuos vegetales mostró un rango de humedad entre 40-60% en el periodo de evaluación Figura 2.

Una mayor humedad del material favorece a una mayor degradación de los residuos orgánicos, contrariamente, una menor humedad la actividad metabólica, prolongando los tiempos de degradación de los residuos orgánicos [13].

La humedad desprendida muy probablemente refleja el nivel de actividad biológica que se presenta acelerada en el proceso de descomposición de los residuos vegetales [5].

Olor

En este ensayo también se evaluó el aroma en el periodo de evaluación se obtuvieron los siguientes resultados:

El olor mayormente objetable se presentó en el tratamiento (TH) que exhibió un olor a putrefacción atrayendo insectos.

Como resultado a las buenas prácticas de compostaje es evidente la ausencia de malos olores y elevados porcentajes de humedad en composteras [5].

De manera similar el tratamiento (THB) presentó un olor objetable, se evidenció reducción en la atracción de insectos.

Finalmente, el tratamiento (BAL) presentó un aroma poco objetable, con una combinación de aromas con una ligera apreciación a ácido láctico, probablemente por efectos anaeróbicos de las bacterias ácido-lácticas que se generan en los residuos vegetales.

El olor de los desechos orgánicos vegetales o animales disminuye con el tratamiento de microorganismos en condiciones favorables y dosificación adecuada [11].

Relación carbono - nitrógeno

Según los análisis químicos de los tratamientos con hongos *Trichoderma harzianum*, bacterias ácido-lácticas y su asociación en el periodo de evaluación de 75 y 90 días, muestran diferencia significativa entre tratamientos.

Dependiendo de la calidad de los residuos a degradar, la descomposición es más acelerada por microorganismos principalmente bacterias aerobias inmovilizan el carbono y nitrógeno



orgánico como producto de sus procesos metabólicos [14]

El Porcentaje de nitrógeno total NT, carbono orgánico CO, materia orgánica MO y relación carbono/nitrógeno C/N para los tratamientos *Trichoderma harzianum*, y un consorcio bacteriano en la conversión de residuos vegetales a compost se muestran en Tabla 3.

Tabla 3. Resultado de los análisis de Agrocalidad Quito, Pichincha, 2021.

Tratamientos		Parámetros analizados			
Código	Significado	NT %	MO %	CO %	C/N
TH	Trat. Hongos Trichoderma 75 días	0.42	19.58	11.36	27.05
	Trat. Hongos Trichoderma 90 días	0.40	19.58	11.00	29.05
THB	Trat. Hongos Trichoderma y bacterias 75 días	0.43	18.35	10.47	26.95
	Trat. Hongos Trichoderma y bacterias 90 días	0.42	18.88	11.36	27.05
BAL	Trat. Em's Bacterias 75 días	0.39	20.54	12.25	30.78
BAL*	Trat. Em's Bacterias 90 días	0.40	21.02	12.18	32.05
T1	Testigo 75 días	0.47	16.32	9.47	20.15
T2	Testigo 90 días	0.49	16.45	9.58	20.21

Resultados obtenidos por cálculo, resultados se muestran en % P/P

Fuente: Adaptado de Agrocalidad, 2021.

En la Tabla 3, se observa que el tratamiento con un consorcio de bacterias ácido-lácticas (BAL) presentó los mayores valores en los parámetros analizados que fueron: nitrógeno total (NTK), material orgánico (MO), relación carbono nitrógeno (C/N), en comparación al testigo que presentó los valores más bajos.

La variable calidad para un fertilizante orgánico se enfoca principalmente sobre el contenido de materia orgánica [15] y es necesario conocer la relación carbono/nitrógeno para identificar la calidad del compost a obtener [16]. Bajo este contexto podemos concluir que tratamiento (BAL) presentó la mayor relación carbono/nitrógeno, tanto a los 75 y 90 días respectivamente.

Costos de producción

Como indica la metodología para el estudio económico de los tratamientos, se realizó un análisis comparativo. En el lapso de 90 días se evaluaron los siguientes elementos:

Costos fijos, variables, totales de los tratamientos. Paralelamente, se obtuvo el costo de los productos generados, con la finalidad de poder calcular el beneficio/costo de los tratamientos, ver Tabla 4.

Tabla 4. Costos de producción estimado para el tratamiento de residuos vegetales para los ensayos en estudio.

Descripción	Tratamientos (45 kg de residuos vegetales)			
	Hongos Trichoderma harzianum TH	EM's Bacterias ácido lácticas BAL	Asociación Trichoderma y EM's THB	Testigo T1
Costos directos	2.75	2.75	2.75	2.75
Costos indirectos	2.11	2.05	2.11	1.99
TOTAL	4.86	4.80	4.86	4.74

La Tabla 4, indica el costo de producción por tratamiento según el rendimiento que tuvo cada uno. El tratamiento (Testigo) presenta el menor costo de producción de 4.74 USD. Con respecto a los tratamientos (TH, BAL y THB) que tienen el mayor valor de producción de 4.86 y 4.80 USD.

La diferencia en la elaboración de fertilizantes orgánicos radica en los costos directos de la adhesión del costo de los microorganismos utilizados en el estudio para la comparación de la degradación de materia vegetal [17].

Las ventajas de utilizar microorganismos benéficos para la degradación de materia vegetal superan el costo adicional [5]. La utilización de microorganismos mejora la estructura de los residuos manteniendo los nutrientes disponibles para las plantas [14].

Rendimiento y relación Beneficio-Costo

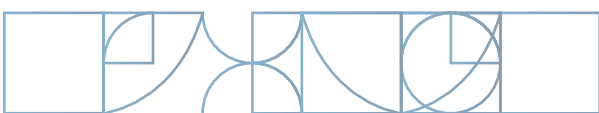
En el análisis de rendimiento de cada tratamiento se evaluó el peso final de cada muestra y se comparó en la Tabla 5.

Tabla 5. Rendimiento de compost por tratamiento en la evaluación de Trichoderma harzianum, y un consorcio de bacterias ácido-lácticas en la degradación de residuos vegetales. Quito-Pichincha, 2021.

Tratamientos	Rendimiento (kg)	Costo de Producción USD
Testigo T	28.80	4.74
Em's Bacterias ácido lácticas (BAL)	32.89	4.80
Asociación Trichoderma y Em's (THB)	31.00	4.86
Hongos Trichoderma harzianum (HT)	30.40	4.86

En la Tabla 5, se observa el rendimiento de materia seca obtenido al procesar 45.00kg de residuos vegetales de cada ensayo a los 90 días de aplicados los tratamientos.

Se obtuvo el mayor rendimiento con el tratamiento (BAL) con 32.89 kg, en comparación al testigo con



28.80 kg. La degradación de materia orgánica tiene mayor rendimiento con la aplicación de microorganismos principalmente aerobios [9].

Al acelerar los procesos de compostaje se reduce los costos operaciones y de logística al poder generar al mercado fertilizantes orgánicos de calidad en menor tiempo [14].

Tabla 6. Relación Beneficio/Costo de producción estimado para los tratamientos en estudio.

Tratamientos	PVP USD	Costo de Producción USD	Relación Beneficio Costo USD
Em's Bacterias ácido lácticas (BAL)	7	4.80	1.46
Hongos <i>Trichoderma harzianum</i> (HT)	7	4.86	1.44
Asociación <i>Trichoderma</i> y Em's (THB)	7	4.86	1.44
Testigo T	5	4.74	1.05

La Tabla 6, se observa la relación beneficio/costo del estudio realizado, se observa que el tratamiento (BAL) presenta la mayor relación beneficio costo que es de 1.46, es mayor a 1, es decir que por cada dólar invertido hay una ganancia de 0.46 centavos con respecto al testigo.

La relación Beneficio/Costo, muestran que los proyectos son viables ya que los beneficios son mayores con respecto a los costos del proyecto [18].

El precio de venta al público del testigo es reducido ya que este no cumple con los parámetros de calidad adecuados para la venta.

4. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el periodo de evaluación de 75 y 90 días, se concluye que el tratamiento con un consorcio de bacterias ácido-lácticas (BAL) presentó los mejores resultados en la conversión de materia orgánica vegetal a compost en los parámetros analizados de pH, peso final, humedad y temperatura. Así también los mejores valores de materia orgánica, nitrógeno total, relación C/N fueron observados en el tratamiento (BAL), además presentó la mejor relación beneficio/costo.

El olor del tratamiento (BAL) fue menor debido al ácido láctico producido por las bacterias ácido-lácticas, que actúan como amortiguador de los olores desagradables además evitó la aparición de insectos siendo una buena solución a la producción de desechos orgánicos vegetales.

Con la aplicación de bacterias ácido-lácticas en los residuos orgánicos vegetales se tuvo un resultado

adecuado en un tiempo de 75 días a comparación del tratamiento con hongos *Trichoderma harzianum*, y aún mayor diferencia con el testigo. Esto en la industria de fertilizantes orgánicos es favorable en el sentido que se puede reducir los tiempos en la producción de compost y mejorar su calidad nutricional.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Laurin, M. Llosá y J. Porcuna, «El papel de la agricultura ecológica en la disminución del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios químicos,» *Agroecología*, vol. 1, nº 1, p. 14, 2006.
- [2] A. Julca, L. Meneses, R. Blas y S. Bello, «La materia orgánica, importanciay experiencias,» *Scielo*, vol. 24, nº 1, pp. 49-61, 2006.
- [3] O. Hernández, D. Ojeda, J. López y A. Arras, «Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo,» *Tecnociencia Chihuahua*, vol. 4, nº 1, pp. 38-45, 2010.
- [4] E. Naranjo, *La transformación de desechos orgánicos en compost*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [5] M. Delgado, K. Mendoza y M. González, «Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos,» *Scielo Analytics*, 2020.
- [6] Y. Fuentes, *El suelo y los fertilizantes*, Madrid: Mundi-Prensa, 1989.
- [7] C. Recalde, M. Echeverría y R. Castro, «Descomposición de la materia orgánica con microorganismos benéficos magnetizados,» *Scielo*, vol. 24, nº 6, pp. 9-16, 2013.
- [8] L. Bárbaro, M. Karlanian, P. Rizzo y N. Riera, «Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos,» *Scielo Analytics*, pp. 126-136, 2019.

- [9] G. Bonito, O. Isikhuemhen y R. Vilgalys, «Identificación de hongos asociados con compost municipal mediante técnicas basadas en ADN,» *Elsevier*, vol. 101, n° 1, pp. 1021-1027, 2010.
- [10] H. Brito, R. Viteri, L. Guevara, M. Villacrés y P. Moya, «Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba,» *ESJ October Edition*, vol. 12, n° 26, p. 76, 2016.
- [11] B. Sales, *Caracterización de la materia orgánica de los suelos representativos de ecosistemas amazónicos, e influencia de su uso y manejo en el secuestro de carbono*, Ucayali: Digital CSIC, 2006.
- [12] P. Pérez, G. Ouro, A. Merino y F. Macías, «Descomposición de la materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas,» *Revista Edafo*, vol. 5, n° 1, pp. 83-93, 1998.
- [13] M. Navarro, H. Morál, L. Gómez y B. Mataix, *Residuos orgánicos agricultura*, Murcia: Compobell, S.L., 1995.
- [14] R. Bustinza y L. Gomero, «Optimización del proceso de compostaje con la pulpa de café en el anexo Unión Pucusani,» *Scielo Analytics*, vol. 41, n° 1, pp. 85-95, 2023.
- [15] E. Soto, M. Hernández, H. Luna, E. Ortiz y E. García, «Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono-nitrógeno,» *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 3, n° 5, pp. 97-101, 2016.
- [16] A. Carvajal, *Relación del carbono y nitrógeno del suelo con usos y coberturas del terreno en Alcalá, Valle del Cauca*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
- [17] J. Cieza, *Aplicación de bacterias ácido lácticas para acelerar la descomposición de residuos orgánicos domiciliarios en el centro de compostaje Yencala Boggiano*, Lambayeque: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- [18] N. Cruz, *Aprovechamiento y manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando microorganismos eficientes de montaña aislados en bosques secundarios de Costa Rica*, Cartago: Instituto Nacional de Aprendizaje, 2010.
- [19] A. K. D. Buka, K. Bhavsar y N. Shah, *A review on composting of municipal solid waste*, México: México, 2015.
- [20] E. Rivera, M. Sánchez y H. Domínguez, «pH como factor de crecimiento en plantas,» *Revista de Iniciación Científica*, vol. 4, n° 2, pp. 101-105, 2018.
- [21] G. Navarro y S. Navarro, *Química agrícola; química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*, Madrid: Mundi-Prensa, 2013.
- [22] C. Isaza, M. Pérez, J. Laines y J. Castaña, «Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica,» *Scielo*, vol. 25, n° 3, pp. 6-10, 2009.
- [23] I. Zapata, *Creación de una empresa procesadora de abono orgánico a partir de desechos biodegradables*, Barrancabermeja: Universidad Cooperativa de Colombia, 2017.