


Caracterización de un bocashi producido con residuos vegetales y diferentes aditivos en un clima frío

Characterization of a bocashi produced with plant residues and different additives in a cold climate

Jonnathan Farney Carvajal Barrios¹, Leónides Castellanos González², Alexandra Sequeda Serrano³

¹ Agronomic Engineer. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Vía Bucaramanga Km 1. Pamplona. Colombia. fer904013@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0002-2413-3505>.

^{*2} Agronomic Engineer. PhD- Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Vía Bucaramanga Km 1. Pamplona. Colombia. leonides.castellanos@unipamplona.edu.com,  <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

³Bacterióloga. Facultad de Salud. Universidad de Pamplona. Vía Bucaramanga Km 1. Pamplona. Colombia. asequeda@unipamplona.edu.co  <https://orcid.org/0009-0004-6775-818X>

Cite this article as: Carvajal-Barrios J. F., Castellanos-González L. Alexandra Sequeda-Serrano A., "Caracterización de un bocashi producido con residuos vegetales y diferentes aditivos en un clima frío", Prospectiva, Vol 23, N° 2, 2025.

Recibido: 07/03/2024 / Aceptado: 25/04/2025

<http://doi.org/10.15665/rp.v23i2.3476>

RESUMEN

Los residuos vegetales constituyen un problema ambiental en las ciudades. La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar un bocashi producido a partir de residuos vegetales urbanos con el uso de tres aditivos levadura, microorganismos eficientes (ME) y suero de leche, en un clima frío bajo las condiciones de Pamplona, Norte de Santander. Se evaluaron cuatro tratamientos con la incorporación de los diferentes aditivos; residual lacto-suero, levadura panadera, microorganismos eficientes locales, y un testigo. Se caracterizaron las variables físicas, químicas, y biológicas. Se realizaron análisis de varianza y la comparación de medias por medio del software SPSS. Los aditivos ME y lacto-suero aumentaron la temperatura en comparación con los demás tratamientos. Se alcanzó un porcentaje de humedad hasta de 79% y el pH se mantuvo entre 4 y 9. La utilización del lacto-suero favoreció la actividad de microorganismos y bacterias fijadoras de nitrógeno. El porcentaje de MO fue mayor en los tratamientos con lacto-suero con 51,57% y levadura con 51,09%. A partir de los residuos urbanos se produjo un bocashi de mayor calidad con la adición de residual lacto-suero, levadura y ME locales. El lacto-suero resultó el mejor tratamiento por lograr mayor concentración de P₂O₅, K₂O, Ca y Mg.

Palabras clave: Medio ambiente, residuos urbanos, bioabono, características químicas y físicas.

ABSTRACT

Plant waste constitutes an environmental problem in cities. This study aimed to characterize a bocashi produced from urban plant waste using three additives: yeast, efficient microorganisms (EM), and whey, in a cold climate under the conditions of Pamplona, Norte de Santander. Four treatments were evaluated with the incorporation of different additives: residual whey, baker's yeast, local efficient microorganisms, and a control. The physical, chemical, and biological variables were characterized. Analysis of variance and comparison of means were performed using SPSS software. The EM and whey additives increased the temperature compared to the other treatments. A humidity level of up to 79% was reached, and the pH was maintained between 4 and 9. The use of whey favored the activity of nitrogen-fixing microorganisms and bacteria. The percentage of OM was higher in the whey-based treatments (51.57%) and yeast-based treatments (51.09%). Higher quality bocashi was produced from urban waste with the addition of residual whey, yeast, and local EM. The whey-based treatment was the best, achieving higher concentrations of P_2O_5 , K_2O , Ca, and Mg.

Keywords: Environment, urban waste, biofertilizer, chemical and physical characteristics.

1. Introducción

Los abonos orgánicos han sido usados por los agricultores desde tiempos inmemorables, sin embargo, la utilización ha disminuido de forma considerable a partir del incremento en el uso de fertilizantes químicos [1]. Esto ha estado motivado por la mayor demanda de alimentos a partir del crecimiento exponencial de población mundial, lo cual ha provocado impactos medioambientales negativos, dado el uso intensivo de los recursos naturales, con el consecuente desequilibrio de los sistemas agroecosistemas [2].

Los abonos orgánicos, son enmiendas que se incorporan al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas y con ello su fertilidad, forman parte de la agricultura orgánica y la agricultura agroecológica, ya que son indispensables para la regulación de muchos procesos que afectan la productividad agrícola, permitiendo la disminución del uso de agroquímicos [3].

Los bioabonos son imprescindibles para el manejo adecuado del suelo, permitiendo obtener alimentos sanos y de calidad por sus diferentes beneficios, no solo mejorando las características del suelo, sino también porque contribuyen de manera significativa al cuidado del medio ambiente y de la salud humana. La inocuidad de los alimentos y la preocupación por temas ambientales, obligan a buscar alternativas que propendan producciones limpias y más sostenibles, donde los abonos orgánicos pueden contribuir a la solución del problema de dos formas, por la disponibilidad de fuentes de fertilizantes orgánicos y por la contribución al reciclaje de los residuos sólidos, problemas de importancia económica, social y ambiental a nivel mundial [4].

El Bocashi o Bokashi es uno de los abonos orgánicos más conocido mundialmente, es de origen japonés y significa abono orgánico fermentado o fermento suave, el cual se puede obtener en poco tiempo, empleando distintos materiales en proporciones adecuadas [5]. El Bocashi tradicionalmente se produce con los desechos de origen animal o vegetal mezclando con tierra de bosque como inóculo para estimular el proceso en la elaboración. El uso de aditivos en su producción, como los microorganismos eficientes (ME) puede estimular la actividad microbiana y aumentar su valor nutricional [6]. También la levadura, puede favorecer el aumento de la temperatura [1]. Por otra parte, la adición del suero de leche ha sido recomendado para aumentar el contenido nutricional y para reciclarlo debido al contenido grasas y aceites [7]. La aplicación al suelo del Bocashi mejora sus propiedades biológicas, y físico-químicas, por lo que aumenta su estabilidad estructural, su permeabilidad y su capacidad de retención de agua [8].

Colombia se caracteriza por tener diferentes condiciones ecológicas y una gran biodiversidad, lo que constituye una oportunidad para desarrollar sistemas de producción agrícola sustentables, aún no aprovechadas totalmente ya que, en muchas zonas, los agricultores recurren a prácticas de la agricultura

convencional con la utilización de insumos químicos con grandes riesgos para la salud humana y el medio ambiente [5].

Por otra parte, Colombia se caracteriza por ser un país agrícola, donde se genera gran cantidad de residuos de cosecha, con un nivel bajo de aprovechamiento, lo que constituye un problema para el productor y se convierten en fuente de contaminación. También han aumentado los desechos generados por la población, en los centros de acopio, casas de mercado y verdulerías (cáscaras de frutas, verduras, residuos de comida, hierbas, hojas y raíces) [9], lo cual constituye un problema de contaminación ambiental, por los gases y lixiviados generados por la descomposición de la materia orgánica [10].

Es importante la búsqueda de tecnologías que favorezcan el sector agrícola, con formas de manejo amigables con el medio ambiente, dentro de las cuales se encuentra el Bocashi como alternativa para tratar los residuos orgánicos que se generan en las fincas, plazas de mercado o centros de acopio, ya que permite utilizar diferentes tipos de sustratos para la obtención de un bioabono de buena calidad física, química y biológica. Teniendo en cuenta las condiciones de clima frío de la ciudad de Pamplona, se plantea la evaluación de aditivos con posibilidades de ser obtenidos localmente en el proceso de compostaje y maduración del Bocashi, como una opción para la reutilización de los residuos vegetales generados en diferentes sitios de la ciudad, principalmente en el centro de acopio municipal.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar un bocashi producido con residuos vegetales y tres aditivos; levadura, microorganismos eficientes (ME) y suero de leche en un clima frío bajo las condiciones de Pamplona, Norte de Santander.

2. Metodología

La investigación se ejecutó en el Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos (CISVEB), de la Universidad de Pamplona (Norte de Santander), ubicado en la zona norte del municipio de Pamplona, a una altitud de 2.287 msnm con una temperatura promedio de 14 °C y en los laboratorios de: Bacteriología y Laboratorio Clínico, y en el Laboratorio de Control de Calidad y Diagnóstico de la Universidad de Pamplona, para el análisis de las muestras.

Se llevó a cabo una investigación de tipo cualitativa y cuantitativa, ya que se midieron variables físicas y químicas y microbiológicas, pero también variables organolépticas de forma visual. Se establecieron cuatro tratamientos, en cuatro montones del material vegetal con incorporación de aditivos para evaluar la aceleración del proceso de compostaje y maduración. Los 4 tratamientos consistieron: primero (T1) como testigo, el segundo material vegetal (T2) con levadura, el tercero (T3) material vegetal más ME y el cuarto (T4) material vegetal con suero de leche.

Obtención y adecuación del material vegetal empleado como materia prima.

El material vegetal para la producción de bioabono fue obtenido de residuos de hortalizas y vegetales en la plaza de mercado, en el centro de acopio municipal (crucíferas, cucurbitáceas, lechuga, zanahorias, aromáticas y otras) y verdulerías del municipio de Pamplona, así como del restaurante de la propia Universidad de Pamplona. Estos se picaron en trozos no mayores de 15 cm y se mezclaron uniformemente para utilizarlos como materia prima fundamental para la elaboración del bocashi.

Los otros materiales como la gallinaza, la cal, melaza, carbón y roca fosfórica se obtuvieron en las Empresas Agropecuarias y centro de acopio de la ciudad de Pamplona. Los microorganismos eficientes fueron suministrados por la finca Agroecológica Sol Vida de Pamplona a través de un biopreparado denominado como M6 y caracterizado por contener $7,33 \times 10^4$ UFC/mL de hongos, $5,96 \times 10^5$ UFC/mL de actinomicetos, $1,66 \times 10^5$ UFC/mL de bacterias totales y $1,53 \times 10^5$ UCF/mL de bacterias solubilizadoras de fósforo [11]. El lacto suero se obtuvo en la quesera Magdis de Pamplona donde constituye un residual sin aprovechamiento alguno. Se utilizó además levadura de pan comercial (*Saccharomyces cerevisiae*). Posteriormente los materiales sólidos fueron triturados y distribuidos en las cantidades requeridas (Tabla 1).

.Tabla 1: Componentes usados en los tratamientos para preparar 100 kg de la mezcla

Materiales	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

	1 (Testigo)	2 (Levadura)	3 (ME)	4 (Lacto suero)
Residuos vegetales	36 kg	36 kg	36 kg	36 kg
Tierra fértil	25 kg	25 kg	25 kg	25 kg
Gallinaza	12 kg	12 kg	12 kg	12 kg
Carbón	6 kg	6 kg	6 kg	6 kg
Melaza	6 L	6 L	6 L	6 L
Roca fosfórica	3 kg	3 kg	3 kg	3 kg
Cal	2,5 kg	2,5 kg	2,5 kg	2,5 kg
Levadura		600 ml		
M. Eficientes (ME)			250 g	
Lacto suero				5,6 L

Sistema de variables.

Las variables independientes correspondieron a cada uno de los tratamientos levadura, microorganismos eficientes, lactosuero y un testigo. Las variables dependientes fueron análisis físico-químico (pH, humedad y temperatura, porcentaje de MO, N, P, K, CA y Mg), el análisis microbiológico a partir de las unidades formadoras de colonias (UCF) de los diferentes grupos de microorganismos (bacterias fijadoras de N, levaduras, hongos y bacterias solubilizadoras de P) en UCF/g.

Determinación de la temperatura, la humedad y el pH.

Se realizó la medición de la temperatura y contenido de humedad (%H) en cada pila de cada tratamiento diariamente la primera semana, y posteriormente cada siete días. Para la temperatura se empleó un termómetro de mercurio y para la humedad un TDR. Las mediciones se realizaron en tres puntos, las cuales consistieron en introducir el termómetro de mercurio y el TDR por la parte superior del abono en los 3 puntos a tresbolillo. En cada punto la medición se realizó a una profundidad de 5 cm, a 15 cm y 25 cm. En cada punto se promediaron las tres lecturas. Cada uno de estos puntos se consideró como una repetición (3 repeticiones por tratamiento).

La evaluación del pH se realizó una vez por semana. Para ello, se tomaron tres muestras de 5 gr cada una, en cada uno de los puntos de muestreo definidos para cada tratamiento, la primera muestra a una profundidad de 5 cm, a 15 cm y a 25 cm. Las muestras de cada punto se mezclaron homogéneamente (obteniendo 3 muestras de 15 g correspondientes a cada tratamiento) y fueron llevadas al Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad de Pamplona.

La medición de pH se realizó con un potenciómetro según la metodología descrita en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167 [12], lo cual consistió en el pesado de 10 g cada muestra en un recipiente y se adicionó 10 mL de agua destilada, se agitó durante 15 minutos. Cada muestra se dejó en reposo por una hora. Se realizaron tres lecturas por muestra con el potenciómetro con electrodo de vidrio previamente calibrado, sumergiendo el electrodo en la suspensión, para ser finalmente promediadas.

Caracterización de la biodiversidad microbiana del abono bocashi.

Se realizó la estimación de las poblaciones de microorganismos: bacterias fijadoras de nitrógeno, levaduras y bacterias solubilizadoras de fósforo y de hongos mediante aislamientos microbiológicos y conteos de las unidades formadoras de colonias (UFC/g) en los medios de cultivo específicos el laboratorio de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad de Pamplona. Los muestreos se realizaron dos veces durante el ciclo de producción del bocashi, a los 20 DDE y a los 40 DDE

Toma de muestras. Se tomaron 3 muestras de 3,5 g en los tres puntos de muestreo ya definidos para en cada tratamiento de los biopreparados. Las muestras se mezclaron homogéneamente obteniendo 4 muestras (una por tratamiento en cada momento de muestreo), las cuales fueron llevadas al laboratorio de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad de Pamplona.

Preparación de diluciones. Se pesaron 5 g de cada muestra y se adicionó en 25 mL de agua peptona, se colocaron en el agitador mezclador hasta homogenizar la mezcla correspondiente a la dilución 1×10^{-1} . Se tomó 1 mL de la solución y se adicionó a 10 mL de agua peptona. El procedimiento se repitió dos veces más hasta lograr una dilución 1×10^{-3} para cada una las 4 muestras.

Siembra en los medios de cultivo.

Para contabilizar los microorganismos se utilizaron las diluciones 1×10^{-2} para hongos y 1×10^{-3} para bacterias y levaduras, según metodología recomendada para este fin [14]. Para las bacterias fijadoras de N se utilizó el medio Ashby, para las levaduras el Standard Plate Count (SPC) y para las bacterias solubilizadoras de fósforo el medio específico Pikovskaya. Se realizaron siembras por el método vertido en placa, la cual consistió en pipetear 1 mL de la dilución en el centro de una caja de Petri estéril, luego se adicionó el medio de cultivo líquido, se tapó y homogenizó. Para el conteo de hongos se realizó una siembra masiva con el empleo en el medio Rosa de Bengala. Se sembraron 3 placas por medio de cultivo para cada una de las muestras correspondientes a los 4 tratamientos.

Conteo de colonias. Los medios de cultivo fueron llevados a 37°C. El conteo de las unidades formadoras colonias (UFC/g) se realizó con el contador de colonias. En el medio de cultivo SPC (levaduras) y en el medio Ashby (bacterias fijadoras de nitrógeno) se realizó a las 24 horas, en el medio Rosa de Bengala (hongos) a las 48 horas y en el medio Pikovskaya (bacterias solubilizadoras de fósforo) a las 72 horas.

Evaluación del tiempo de maduración del bioabono en cada una de las formulaciones.

Con este fin, se realizó una evaluación cualitativa que consistió en estimar de forma visual mediante escalas el color y olor del abono a los 21, 28, 35 y 42 DDE.

Para determinar el olor. Se utilizó la escala con 3 grados de olor; grado 3: muy desagradable, grado 2: desagradable y grado 1: agradable [15].

Para determinar el color. Se tuvo en cuenta el criterio de un color grisáceo en un abono bocashi maduro, [16] a partir de la adaptación de la escala descrita para el abono compostado [15].

Determinación de la concentración de los nutrientes en los diferentes tratamientos.

Se determinaron las concentraciones de materia orgánica (MO) (%), nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5), potasio (K_2O), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

En cada tratamiento se tomaron 3 muestras de 20 g del bioabono de en los puntos definidos para muestreo. En cada punto se tomaron 3 submuestras, una superficial a 5 cm de profundidad, una intermedia a 15 cm y otra en la base de la pila a 25 cm de profundidad.

Determinación de la MO. Se utilizó el método de ignición o calcinación, el cual consiste en la destrucción climatizada de toda la materia orgánica de la muestra [17]. El contenido de materia orgánica expresado en porcentaje se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%MO = \left[\frac{P1 - P2}{P2 - C} \right] * 100$$

Dónde: P1= peso en g del abono antes de la calcinación; P2= peso en g del abono después de la calcinación; C= peso en g del crisol.

Para determinar Nitrógeno total. Se utilizó el criterio que plantea que el contenido de nitrógeno es 5% del contenido de materia orgánica [18].

$$N \text{ total} = M.O. * 0,05$$

Determinación del contenido de fósforo, magnesio, potasio y calcio. Las concentraciones de los macronutrientes de referencia se determinaron mediante el método de Espectrofotómetro de absorción atómica recomendado para análisis de abono bocashi [5]. Se tomaron tres lecturas para cada una de las muestras y fueron promediadas.

Procesamiento de la información y análisis de los datos

Todos los datos fueron tabulados en Microsoft Excel. Se realizaron gráficas para el análisis de las variables de temperatura y humedad durante los primeros 7 días DDE.

Análisis estadístico:

Se realizó un análisis de varianza unifactorial (ANOVA), para las variables de temperatura, humedad, pH, UCF/g de cada grupo de microorganismos, así como para los contenidos de MO, N, P, K, Ca y Mg. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) por medio del software SPSS.

3. Resultados y discusión

La temperatura aumentó en las pilas a partir del tercer día, siendo el lacto suero el tratamiento con mayor temperatura (44,9°C) y el testigo con la menor temperatura (29°C). En los días 4 y aumentó la temperatura en todos los tratamientos, la mayor temperatura se alcanzó en el tratamiento lacto suero (60,4°C) difiriendo del testigo (42°C), mientras el tratamiento con levadura presentó mayor temperatura que el día 6 (61,2°C) y el testigo la más baja (45°C). El día 7 hubo un decrecimiento de la temperatura manteniéndose el tratamiento con lacto suero con la mayor temperatura (54,3°C) y el testigo con la menor temperatura (46,1°C) (Figura 1).

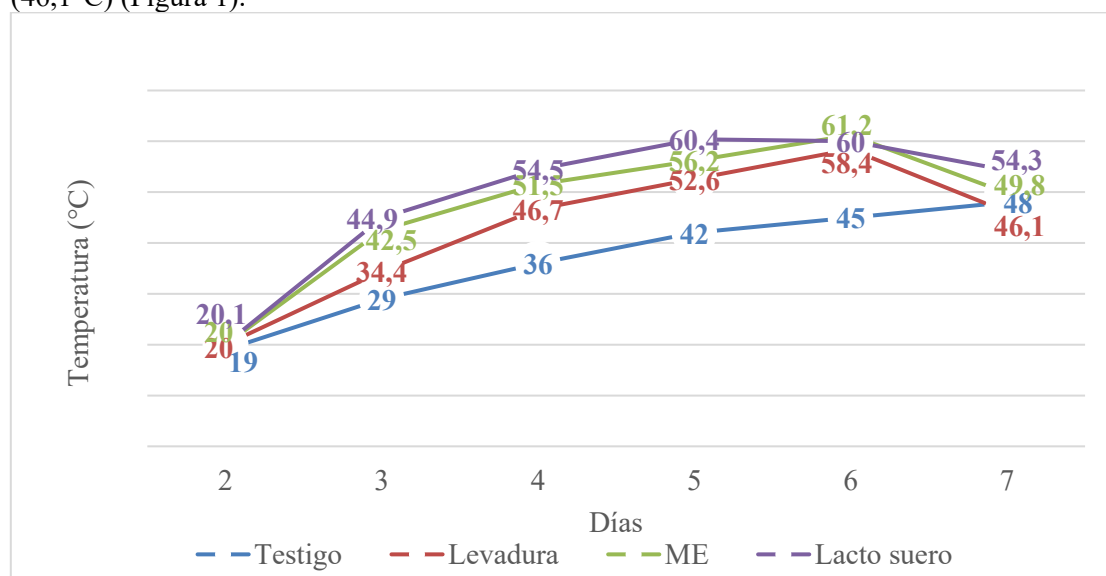


Figura 1. Promedio de temperatura en las pilas durante los primeros siete días.

Fuente: Autores.

Los análisis de varianza mostraron diferencia estadística entre los tratamientos para la temperatura desde los 7 hasta los 35 días. A los 7 días DDE, el tratamiento con el lacto suero reflejó mayor temperatura (45,20°C) y menor el de la levadura (46,20°C). A los 14DDE, el tratamiento con el lacto suero presentó mayor temperatura (46,62°C) y el de levadura menor (39,27°C). A los 21 días hubo mayor temperatura en el testigo (28,97°C) seguido del de lacto suero (27,10°C), mientras que los tratamientos con levadura y ME no presentaron diferencia estadística entre sí y sí con los anteriores. A los 28 y 35 días de nuevo el testigo presentó mayor temperatura (23,25°C y 17,47 C respectivamente) con diferencia estadística con el resto de los tratamientos. A los 41 días no se observaba diferencia estadística entre los tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del Análisis estadístico para temperatura en cada tratamiento

Tratamiento	Temperatura de (°C)					
	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días
Testigo	48,00c	40,90c	28,97a	23,25a	17,47a	18,15a
Levadura	46,10d	39,27d	26,05c	21,12bc	16,25b	19,92a
ME	49,80b	43,42b	25,67c	20,85c	16,05b	18,92a
Lacto suero	54,30a	46,62a	27,10b	21,65b	16,05b	18,30a
CV (%)	6,08	5,52	6,67	5,87	3,01	17,42

ET	0,21	0,18	0,17	0,13	0,06	0,37
----	------	------	------	------	------	------

Nota: Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey. Fuente: Autores.

En el área del CISVEB en Pamplona la temperatura promedio osciló alrededor de 14°C, lo cual pudo influir en que se desarrollara un proceso más lento en general, donde el aumento de la actividad microbiana comenzó a partir de las 48 horas después del inicio de la elaboración. La temperatura estuvo en todos los tratamientos dentro de los rangos informados por otros autores, entre 60°C y 62°C [3]. Los tratamientos con lacto suero y ME presentaron los valores más altos de temperatura el día 6 (60,4°C y 61,2°C respectivamente), evidenciando el efecto positivo de estos aditivos en la actividad microbiana en la primera etapa de estabilización del abono (fermentación), en comparación con el testigo donde la temperatura presentó los valores más bajos, con una actividad microbiana más lenta durante los primeros 7 días (19°C a 49°C. entre el día 2 y el 7). A partir de los 21 días y hasta el día 35 el tratamiento con ME presentó menor temperatura (entre 25,67°C a 16,05°C).

El testigo presentó mayor temperatura entre los días 21 hasta y 35 (28,97°C a 17,47°C) evidenciándose un proceso más lento en el tratamiento. El aumento de la temperatura se debe a partir de la acción de una amplia y heterogénea población microbiana quimio heterotrófica de hábitos mesófilos, los cuales van siendo sustituidos por otros microorganismos termófilos. Esto a su vez está influenciado por la disponibilidad de los residuos vegetales, hasta que se establece de nuevo una etapa mesófila donde la temperatura disminuye en la medida que los sustratos carbonados van siendo metabolizados y se entra en la segunda etapa de maduración, que se desarrolla de una forma más lenta [2].

De manera general el abono a los 35 días ya estuvo terminado al acercarse la temperatura a la media ambiental. En Ecuador el tiempo de maduración de abono bocashi fue similar al presente estudio, (28 días) cuando la temperatura se aproximó a temperatura ambiente (12°C) [16].

Al analizar la dinámica de la humedad relativa durante los primeros siete días del proceso, se observó que el día dos (2) obtuvo el mayor porcentaje de humedad en el tratamiento con lacto suero (58%) y fue menor en el de la levadura (38%). Para el día 3 la humedad bajó, manteniéndose en el tratamiento del lacto suero con mayor humedad con un 48% y en el de la levadura menor con un 38%. El día cuatro (4) se registró un aumento de la humedad, en el lacto suero (79%) en relación al testigo que obtuvo el 55%, Para el día cinco (5) la humedad presentó una tendencia a la disminución en la mayoría de los tratamientos, sin embargo, fue aumentando en el testigo con un 63%, los valores más bajos para los tratamientos de la levadura y se midieron con un 51%. El día sexto (6) el tratamiento con ME presentó mayor humedad de un 62%, la levadura fue menor con un 54%. El día siete (7) hubo un aumento de la humedad en el tratamiento con el lacto suero alcanzando el (80%), en contraposición con el testigo que fue de 44%.

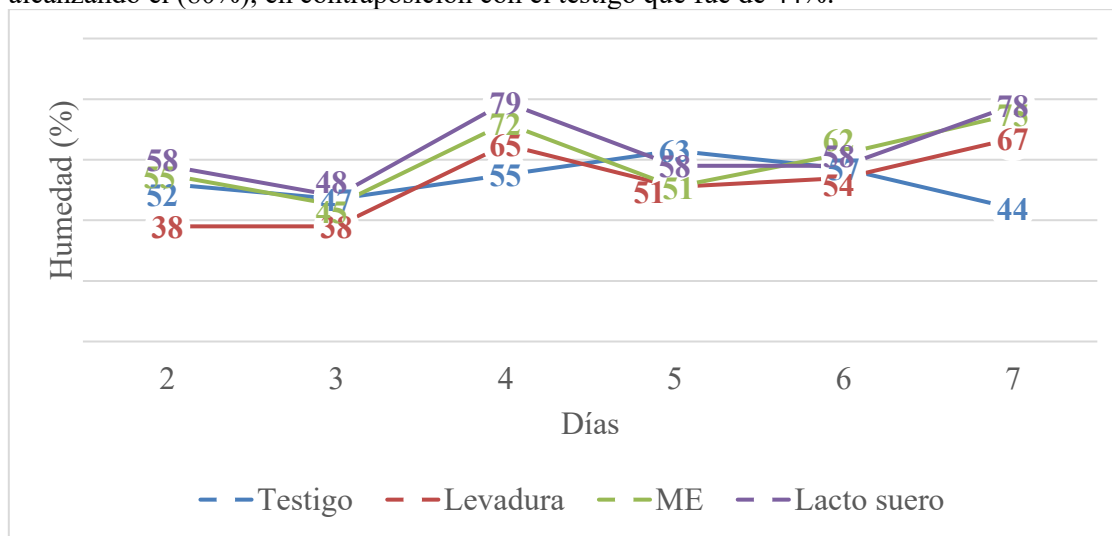


Figura 2. Promedios de humedad en las pilas durante los primeros siete días.

Fuente: Autores.

Los análisis de varianza mostraron diferencia estadística entre los tratamientos para la humedad en los muestreos semanales desde los 7 hasta los 35 días. A los 7 el testigo presentó el menor porcentaje de humedad del 44,10% y difería significativamente del tratamiento con levaduras con un 66,92%, y estos dos tratamientos diferían con ME y Lacto suero. A los 14 días la humedad en el tratamiento con levadura fue de 62,15% presentó diferencia estadística con respecto a los demás tratamientos. A los 21 días no hubo diferencia estadística entre los tratamientos que oscilaron entre 16 y 18,5%. A los 28 días hubo diferencia estadística del testigo con 20,10% en comparación con el tratamiento que recibió ME 18,42%, el resto de los tratamientos no difirieron de estos. A los 35 días hubo diferencia estadística entre el tratamiento con ME (20,22%), con respecto a los tratamientos lacto suero (17,70%) y testigo (18,60%), quedando el tratamiento con levadura sin diferir de estos comparados. A los 42 días no hubo diferencia estadística entre todos los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del Análisis estadístico para humedad en cada tratamiento

Tratamiento	Humedad DDE (%)					
	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días
Testigo	44,10c	49,87b	17,75a	20,10a	18,60b	23,72a
Levadura	66,92b	62,15a	17,75a	19,45ab	18,90ab	22,50a
ME	75,20a	50,50b	16,15a	18,42b	20,22a	18,47a
Lacto suero	78,87a	47,32b	18,05a	19,32ab	17,70b	18,27a
CV (%)	27,93	33,67	28,84	17,57	17,39	75,01
ET	1,13	1,21	0,6	0,38	0,38	1,7

Nota: Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Se plantea que la humedad está estrechamente ligada a la actividad de los microorganismos, [10] considerándose los rangos entre 40% y 60%) adecuados para que ocurra una buena fermentación. Como se evidencia durante los días dos (2) y tres (3) la humedad se mantuvo dentro de este rango, a excepción del tratamiento con la levadura (38%) un tanto por debajo, de igual forma se obtuvieron valores superiores a 60% en los demás tratamientos los días cuatro (4) y siete (7). Sin embargo, algunos autores plantean que si se asegura una buena aireación y se emplea un tamaño pequeños de los materiales, puede lograrse una descomposición aeróbica adecuada [19].

A los 14 días la humedad se mantuvo dentro de los rangos adecuados. A partir del día 21 y hasta el 42 la humedad descendió a valores que oscilaron entre 16% a 23,72%. Para compostaje maduro es recomendable un rango de humedad bajo, de 30% a 40% [12], por lo que los valores obtenidos después del día 21 días fueron adecuados al presentarse por debajo de dicho rango.

El análisis de los resultados estadísticos del pH, muestran diferencia estadística el día siete (7) entre los tratamientos testigo (6,58) y el que recibió levadura (6,38), los cuales también difirieron de lacto suero (6,81) y ME (6,85). El tratamiento con lacto suero difirió a los 14 días de los demás tratamientos, presentando el pH más alto (8,5). El día 21 hubo diferencia estadística del pH del tratamiento ME con el de los demás tratamientos. No se observó diferencia estadística del pH entre los tratamientos en las evaluaciones de los días 28, 35 y 42 (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del análisis estadístico para el pH entre los tratamientos

Tratamiento	Potencial de hidrogeno DDE (pH)					
	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días

PROSPECTIVA VOL 23 N1.

Testigo	6,58b	8,17ab	8,21ab	7,98a	7,71a	7,49a
Levadura	6,38c	7,89b	7,86b	7,85a	7,85a	7,44a
ME	6,85a	8,33ab	8,50a	7,88a	7,68a	7,51a
Lacto suero	6,81a	8,5a	8,30ab	7,77a	7,76a	7,61a
CV (%)	1,22	6,61	7,06	3,38	3,4	5,15
ET	0,018	0,1	0,11	0,054	0,054	0,081

Nota: Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Según la norma NTC 5167[13] el pH debe estar entre 4 y 9 para los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo, debido a su posible efecto sobre los microorganismos del suelo y nutrientes disponibles para las plantas. En la presente investigación el pH se mantuvo dentro de los rangos recomendados, con una variación entre 6,38 el día 7 en el tratamiento que recibió levadura hasta un 8,50 en el día 21 para el que se le adicionó ME. Al inicio del proceso el pH presentó una tendencia a ser bajo, a los 7 días se presentó ligeramente ácido (6,38 en la levadura) a neutro, probablemente debido a la descomposición de compuestos solubles como los azúcares, lo cual produce ácidos orgánicos. Se plantea que posteriormente, debido a la acción de los microorganismos que transforman el nitrógeno en amoníaco, el pH del medio sube de igual forma que la temperatura [20], lo cual se evidenció hasta el día 21 donde ME presentó el pH más alto (8,50). El pH disminuyó en la etapa de enfriamiento y maduración (del día 28 al 42), pasando de moderadamente alcalino a ligeramente alcalino (7,98 en el testigo a 7,44 en la levadura). Esta disminución del pH es atribuible a que en la primera etapa del proceso actúan los microorganismos sobre la materia orgánica que es más fácil de degradar, lo cual provoca una liberación de ácidos orgánicos, mientras que posteriormente se produce una alcalinización del medio debido a que existe una pérdida de estos ácidos orgánicos, y hay una generación de amoníaco como resultado de la descomposición de las proteínas como han señalado algunos autores [20].

Caracterización de la población microbiana del abono bocashi.

El testigo presentó la menor población de bacterias fijadoras de N a los 20 DDE ($1,33 \times 10^4$ UFC/g) con diferencia estadística significativa con los tratamientos con levadura y ME que superaron los $3,7 \times 10^5$ UFC/g, pero no del tratamiento con lactosuero que quedó intermedio desde el punto de vista estadístico. Las poblaciones de levaduras entre $4,93 \times 10^4$ y $4,93 \times 10^4$ UFC/g, hongos entre $2,5 \times 10^4$ y $4,3 \times 10^4$ UFC/g y bacterias solubilizadoras de fósforo $2,9 \times 10^4$ a y $4,0 \times 10^4$ UFC/g no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico para las poblaciones de microorganismos a los 20 DDE.

Tratamiento	Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g de abono)			
	Bacterias fijadoras de N	Levaduras	Hongos	Bacterias solubilizadoras de P
Testigo	$1,33 \times 10^4$ b	$4,93 \times 10^4$ a	$2,5 \times 10^4$ a	$2,9 \times 10^4$ a
Levadura	$3,79 \times 10^5$ a	$7,7 \times 10^4$ a	$2,6 \times 10^4$ a	$3,1 \times 10^4$ a
Mic Efic.	$4,39 \times 10^5$ a	$1,06 \times 10^5$ a	$4,3 \times 10^4$ a	$3,2 \times 10^4$ a
Lacto suero	$8,6 \times 10^4$ ab	$2,73 \times 10^5$ a	$3,2 \times 10^4$ a	$4,0 \times 10^4$ a
Coef. de V (%)	29,96	22,62	18,09	21,09
E. Típico	2,43	2,83	0,4	0,93

Nota: Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey. Fuente: Autores.

PROSPECTIVA VOL 23 N1.

Las poblaciones de bacterias fijadoras de N a los 40 DDE fueron mayores para el tratamiento con lacto suero ($1,62 \times 10^6$ UFC/g) que difirió significativamente de los demás tratamientos. Las poblaciones de levaduras fueron significativamente superiores para el tratamiento con levaduras ($1,74 \times 10^5$ UFC/g), con relación al tratamiento testigo, el cual presentó una población de $4,6 \times 10^4$ UFC/g. El tratamiento con lactosuero difirió del testigo y del de levaduras, mientras que el de ME no difirió del de levaduras y del de lactosuero, pero sí del testigo (Tabla 6).

Tabla 6. *Resultados del Análisis estadístico para las poblaciones de microorganismos a los 40 DDE.*

Tratamiento	Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g de abono)			
	Bacterias fijadoras de N	Levaduras	Hongos	Bacterias solubilizadoras de P
Testigo	$6,88 \times 10^5$ b	$4,6 \times 10^4$ c	$3,46 \times 10^3$ b	$2,6 \times 10^3$ b
Levadura	$4,16 \times 10^5$ b	$1,65 \times 10^5$ a	$1,74 \times 10^4$ a	$1,12 \times 10^4$ a
Mic Efic.	$6,32 \times 10^5$ b	$1,25 \times 10^5$ ab	$9,36 \times 10^3$ ab	$6,63 \times 10^3$ ab
Lacto suero	$1,62 \times 10^6$ a	$8,03 \times 10^4$ bc	$9,4 \times 10^3$ ab	$1,20 \times 10^4$ a
Coef. de V (%)	21,02	26,54	28,26	24,8
E. Típico	1,57	0,8	0,85	0,98

Nota: Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Las poblaciones de hongos fueron mayores para el tratamiento con levadura ($1,74 \times 10^4$ UFC/g) que difirió significativamente del testigo debido a que solo alcanzó $3,46 \times 10^3$ UFC/g. Las poblaciones de las bacterias solubilizadoras de fósforo fueron mayores con diferencia estadística significativa para los tratamientos con levadura ($1,12 \times 10^4$ UFC/g) y el lactosuero ($1,12 \times 10^4$ UFC/g) con relación al testigo ($2,6 \times 10^3$ UFC/g), mientras que el tratamiento con ME no tuvo diferencias con los primeros ni del último.

Debido a que los análisis se realizaron a los 20 y 40 DDE no se pudo determinar las poblaciones durante la primera etapa de elaboración (etapa mesófila) donde según algunos autores, predominan bacterias y hongos mesófilos especialmente del género *Bacillus* y actinomicetos [3], sin embargo, otros autores señalan que en la etapa termófila las poblaciones de actinomicetos y hongos se reducen, por esto durante la estabilización y maduración del abono cuando los materiales lábiles han desaparecido los predominantes son diferentes tipos de bacterias, hongos y levaduras que se hacen presentes [9], lo cual se hizo evidente en los resultados a los 20 DDE con poblaciones superiores a $2,5 \times 10^3$ UFC/g para bacterias fijadoras de N y solubilizadoras de P, hongos y levaduras.

Las poblaciones de los microorganismos se mantuvieron altas, próximas al momento de la cosecha a los 40 DDE, aunque fueron mayores las UFC/g en el tratamiento con lacto suero para bacterias fijadoras de N, tratamiento que se destacó en general en todos los grupos de microorganismos evaluados, menos en el caso de las levaduras, donde se destacó el tratamiento que se adicionó la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Aunque no fue siempre de mayor, las poblaciones de microorganismos en el tratamiento ME, solo se diferenció estadísticamente del lacto suero en las poblaciones de bacterias nitrificantes. Esto se explica por las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos como se demostró en la caracterización realizada para el M6 en la finca Sol Vida [11]. Los ME empleados pueden tenerse como otra alternativa en la producción de bocachi bajo las condiciones de Pamplona.

Se observó una tendencia a tener menores valores en las poblaciones del testigo, sin embargo, los valores de las poblaciones de microorganismos al final del ensayo se corresponden con los informados por otros autores en la elaboración de un abono bocashi [3].

La descomposición de la materia orgánica tiene lugar gracias a la acción de los microorganismos, pero que la actividad está determinada por los insumos utilizados [19]. Para determinar las poblaciones de microorganismos del abono bocashi se propone que se realicen análisis microbiológicos con el conteo de UFC (para hongos, actinomicetos y levaduras) [21] como se realizó en el presente trabajo, por lo que se evidencia que con los materiales vegetales obtenidos localmente en la ciudad de Pamplona, se puede lograr un bocashi de buena calidad biológica, constituyendo una alternativa para reciclar los residuos urbanos.

Evaluación del tiempo de maduración en cada una de las formulaciones.

Los tratamientos que recibieron levadura, ME y lacto suero presentaban a los 21 DDE un olor desagradable (grado 2) en contraste con el testigo que presentaba un olor muy desagradable (grado 3). A los 28 días el tratamiento con ME presentaba un olor agradable (grado 1) en comparación con los demás tratamientos. A los 35 y 42 días todos los tratamientos presentaron un olor agradable. A los 21 días los tratamientos con levadura y el testigo presentaban un color marrón claro (grado 3), en contraste con el tratamiento con ME y con lacto suero que mostraban un color marrón oscuro (grado 2). El testigo presentó a los 28 días un color marrón claro (grado 3) en relación con los demás tratamientos que mostraron un color marrón oscuro (grado 2). Se encontró un color grisáceo para todos los tratamientos a los 35 y 42 días (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de la evaluación del grado de olor y color en cada tratamiento.

Tratamiento	Olor (DDE)				Color (DDE)			
	21	28	35	42	21	28	35	42
Testigo	3	2	1	1	3	3	1	1
Levadura	2	2	1	1	3	2	1	1
Mic Efic.	2	1	1	1	2	2	1	1
Lacto suero	2	2	1	1	2	2	1	1

Nota: escala de olor: Grado 3 = muy desagradable, grado 2= desagradable y grado 1= agradable.

Nota: escala de color: Grado 3 = marrón claro, grado 2= marrón oscuro y grado 1= grisáceo.

Fuente: Autores.

Una de las características de calidad del bioabono cuando este se encuentra en su punto adecuado de madurez, es el olor agradable es decir que no se forman gases tóxicos ni se emiten malos olores producto de la fermentación debido a que el proceso ha terminado como se ha señalado por otros investigadores [2]. A partir de este criterio, el bioabono del tratamiento con ME, presentó un olor agradable a partir de los 28 días, esto se debe a que este aditivo permite una adecuada fermentación y mejora la actividad microbiana evitando la generación de malos olores [15], lo que reafirma la posibilidad de emplear ME (M6) de Sol Vida como inoculante, coincidiendo con otros autores [22].

Como se observó, a partir de los 35 días todos los tratamientos presentaron un olor agradable, es decir, que ya se encontraban en su punto adecuado de madurez coincidente con lo planteado por otros investigadores [9]. Estos resultados coinciden con los criterios que menciona los cambios en las características físicas del abono como el cambio paulatino del color, hasta una tonalidad grisácea para un abono bocashi [10], lo cual se observó a los 35 días en todos los tratamientos, además de un aspecto seco y de consistencia suelta resultados que coinciden con los descritos durante el desarrollo de esta investigación [16]. El Instituto Colombiano Agropecuario describe dentro de las características organolépticas del compostaje un olor agradable a suelo de bosque [23].

Concentración de nutrientes determinados en los diferentes tratamientos

El contenido de MO, fue mayor para los tratamientos con lacto suero (51,57%) y con levadura (51,09%), que mostraron diferencia estadística significativa con los tratamientos con ME y el testigo. El contenido de Nitrógeno (N) resultó mayor para los tratamientos lacto suero (2,57%) y levadura (2,55%) que presentaron

diferencia estadística significativa con respecto a los tratamientos con ME y testigo. En el contenido de P_2O_5 fue mayor para el tratamiento con lacto suero (1,39%) con respecto a ME y levadura, que a su vez difirieron del testigo. El contenido de Potasio (K_2O) fue mayor en el tratamiento con lacto suero (0,149%) que presentó diferencia estadística significativa con ME y el testigo, pero no con el tratamiento que recibió levaduras. La concentración de Calcio (Ca) fue mayor con diferencia estadística significativa con el resto de los tratamientos, sin embargo, el tratamiento con levaduras mostró diferencia estadística con el testigo y este con ME. El lacto suero evidenció mayor concentración de Magnesio (Mg) (0,014%) con diferencia estadística significativa con el resto de los tratamientos (Tabla 8).

Tabla 8. Resultado del Análisis estadístico de la materia orgánica y los macronutrientes presentes en el abono

Tratamientos	Contenido (%)					
	MO	N (Total)	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
Testigo	38,36b	1,91b	0,38c	0,059c	0,038c	0,009b
Levadura	51,09a	2,55a	0,88b	0,116ab	0,042b	0,010b
Mic Efic.	41,48b	2,08b	0,82b	0,096bc	0,031d	0,010b
Lacto suero	51,57a	2,57a	1,39a	0,149a	0,053a	0,014a
Coef. de V (%)	21,65	9,59	3,39	25,2	25,44	21,53
E. Típico	1,62	0,08	0,018	0,416	0,30	0,259

Nota: Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey. Fuente: Autores.

La organización Mundial de la Salud (OMS) aspira dentro de los parámetros de calidad para abono orgánico, un porcentaje de Materia Orgánica entre el 25 y 50% [15], valores que se lograron en todos los tratamientos incluso se sobrepasó en el lacto suero con el 51.57% de MO. En una investigación el aumento de la materia orgánica se atribuyó a la actividad de los microorganismos que oxidan compuestos orgánicos, que favorecen la desfragmentación de componentes de la MO permitiendo un incremento de la misma [24]. Los porcentajes de (N) obtenidos fueron similares a los descritos por otros investigadores [2] en diferentes tipos de bocashi. Los resultados obtenidos fueron similares a los informados por [1] en la elaboración de un abono orgánico que mostraba entre 1,5 y 2,7% de (N) y cumplen con la concentración de N entre 0,4 a 3,5% exigida por la OMS [15].

Los porcentajes de Fósforo (P_2O_5) también son similares a los descritos por otros autores [2] con valores desde 0,5 a 5,3%, lo cual se atribuye a las poblaciones de bacterias solubilizadoras de fósforo mientras que para (K_2O , Ca y Mg), los resultados fueron inferiores, sin embargo, algunos autores señalan que no se debe sacar conclusiones a la ligera con respecto a los análisis nutricionales al compararlos con otros resultados, debido a que no son las mismas condiciones en el proceso de elaboración, principalmente considerando los insumos utilizados tales como los materiales orgánicos y su influencia sobre la actividad microbiana [2]. Otros investigadores agregan que otras variables como la temperatura, la humedad y el pH e incluso el volumen de la compostera también afectan la calidad del producto obtenido [12].

Valoración de los parámetros de calidad con la Norma Técnica Colombiana NTC 5167

Se pudo comprobar que la humedad se encontrada por debajo del rango máximo en todos los tratamientos (<35%), el pH cumplía con los rangos mínimos y máximos estipulados por la norma de >4 y <9. Con relación a los parámetros químicos se presentaron porcentajes de MO por encima del mínimo informado (20%). El contenido de nitrógeno estuvo dentro de lo declarado, por encima del 1%, al igual que el P_2O_5 para el tratamiento de lacto suero. Los porcentajes de K_2O , Ca y Mg se presentaron por debajo del 1%, por lo que los valores fueron analizados en la presente investigación (Tabla 9).

Tabla 9. Resumen de los parámetros de calidad obtenidos por el abono bocashi

Norma Técnica Colombiana NTC 5167		(Bioproductos obtenidos) Tratamientos			
Variables físicas		Testigo	Levadura	ME	Lactosuero
Humedad (%)	Máximo 35	23,72	22,5	18,47	18,27
pH	>4 y <9	7,49	7,44	7,51	7,61
Variables químicas					
Materia orgánica (%)	Mínimo 15	38,36	51,09	41,48	51,57
Nitrógeno total (%)	Se declaran si él % es >1	1,91	2,55	2,08	2,57
Fosforo (P ₂ O ₅) (%)		0,38	0,88	0,82	1,39
Bases intercambiables					
Potasio (K ₂ O) (%)		0,059	0,116	0,096	0,149
Calcio (%)	Se declaran si él % es >1	0,038	0,042	0,031	0,053
Magnesio (%)		0,009	0,01	0,01	0,014

Nota: Se describen el P₂O₅ y las bases intercambiables ya que algunos valores son inferiores a 1%.

Fuente: Autores.

Se evidenció un aumento de la temperatura por la acción de los diferentes aditivos en el proceso de producción del bocashi, evidenciándose claramente dos etapas de descomposición del abono, la mesófila, de corta duración, donde se alcanzó una temperatura de hasta 40°C y la termófila donde la temperatura se elevó hasta 60°C. Se constató que los aditivos lacto suero y ME permitieron un aumento de la temperatura durante la primera semana, aunque estos no tuvieron un efecto directo sobre la calidad nutricional del abono. Se planteó que el aumento de la temperatura en alrededor de 60°C favorece la desaparición de bacterias patógenas e incluso larvas y huevos de insectos y que además se produce energía calórica metabólica por parte de microorganismos benéficos [2]. La utilización del suero de leche favoreció la actividad de microorganismos y bacterias fijadoras de nitrógeno, alcanzando un valor de 2,57%, a pesar que mencionan algunos autores que el nitrógeno disminuye [1].

Desde los 35 DDE los tratamientos presentaron un olor agradable, con una coloración grisácea y una temperatura ambiente, por lo cual se consideró la obtención de un abono maduro a los 35 días bajo las condiciones de Pamplona, teniendo en cuenta los índices de madurez descritos por diferentes autores [10], por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [12] e ICA [22].

Los presentes resultados son alentadores ya que permiten recomendar el residual de lactosuero que se desecha en la planta de leche de Pamplona como aditivo efectivo para mejorar la calidad del bocashi que puede producirse con los residuos vegetales urbanos lo que apoya los esfuerzos por obtener producciones más limpias de los cultivos en el municipio como es el caso de la fresa [25].

4. Conclusiones

En general, a partir de los residuos urbanos se produjo un bocashi de mayor calidad que el testigo con todos los aditivos estudiados con un aumento del porcentaje de MO y mejor contenido de nitrógeno cumpliendo con los parámetros definidos en la norma NTC 5167. Se obtuvo la maduración de los bioproductos desde los 35 DDE al presentar una coloración grisácea, un aspecto seco y consistencia suelta, un olor agradable, humedad por debajo de 35%, pH entre 7,68 y 7,85 ligeramente alcalino alcanzándose una temperatura cercana a la ambiental en la ciudad de Pamplona.

La incorporación de los aditivos en la elaboración del abono a partir de los residuos urbanos permitió acelerar el proceso de fermentación, destacándose como mejor tratamiento el lacto suero, que favoreció una buena actividad microbiana, buen rango de humedad.

Se evidenció la presencia de poblaciones de microorganismos benéficos como bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo, hongos y levaduras, destacándose las poblaciones para bacterias fijadoras de nitrógeno sobre todo con la utilización del lacto suero al alcanzar $1,62 \times 10^6$ UFC a los 40 DDE, tratamiento que además presentó los valores más altos de P_2O_5 (1,39%), K_2O (0,149%), Ca (0,053%) y Mg (0,014%).

Referencias Bibliográficas

- [1] L.M. Kastdalen. Evaluación del efecto de la aplicación de levaduras y gallinaza en la elaboración de abono orgánico. Tesis de pregrado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 2017.
- [2] D. Ramos, E. Terry, F. Soto, y J.A. Cabrera, Bocashi. Abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos tropicales*, vol. 35, no. 2, pp- 90-97. 2014.
- [3]. M.B. Bertolí, E. Terry, y D. Ramos. Producción y uso del abono tipo bocashi. Una alternativa para la nutrición de los cultivos y calidad de los suelos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. 2015.
- [4] G.J. Sarmiento, M.A. Amézquita y L.M. Mena. Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria*, vol. 10, no. 1, pp. 55-61. 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.06>
- [5] E. Y. Suclupe. Comparación de la eficiencia entre Bioabono Bocashi y Urea en el rendimiento del cultivo de maíz híbrido Inica 617. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. 2019.
- [6] C. Sosoranga. Elaboración y evaluación de tres tipos de Bocashi con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en diferentes UPAs de la comunidad de Matara, Cantón Saraguro. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 2018.
- [7] V.P. Gordón. Utilización del suero de leche para la elaboración de abono orgánico (biol). Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador. 2013.
- [8] L.V. Machuca y A.M. Muñoz. Evaluación de dos métodos de compostaje como alternativa de manejo de equinaza, sobre la producción de biomasa *Brachiaria humidicola* en campo ecológico Gramalote. Tesis de pregrado. Universidad Santo Tomás, Villavicencio. 2018.
- [9] C.A. Piedrahita y D.A. Caviedes. Elaboración de un abono tipo "Bocashi" a partir de desechos orgánicos y sub productos de industria láctea (lacto suero). Tesis de pregrado. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia. 2012.
- [10] C.C. Salazar. Influencia del tratamiento de residuos orgánicos para mejorar la calidad del bocashi en el Mercado Sarita Colonia. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. 2018.
- [11] L. Castellanos González, N. E. Céspedes Novo, A. Sequeda Serrano, J. E. Jaime Mendosa y L. J. Niño Vera. Caracterización Microbiológica de seis Biopreparados Artesanales. *Revista Científica Agroecosistemas*. Vol. 6, no. 3, pp. 57-65. 2018. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- [12]. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Elaboración y uso del Bocashi. FAO. 2011. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>
- [12]. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). Resolución 00150/2003. Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia. (2003).
- [13] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. 2011.
- [14] L. Castellanos-González, R. D. M. Prado, A. R., Hernández G. Caione y E. P. Selva, Uso de torta de filtro enriquecida con fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(2), 135-141. 2014.

- [15] M. D. Ávila. Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos Sapallanga o. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2015.
- [16] E. Vásquez, P.C. Sosoranga, M. Chamba y M Mora. Evaluación química de bocashi con aplicación de microorganismos eficaces en el cantón Saraguro, provincia de Loja. Bosques Latitud Cero, vol. 8, no. 1, pp. 85-95. 2018.
- [17] J. I., Bautista, y J. J. A. Hernández. Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. Ingeniería y Región, vol. 26, pp. 20-28. 2021.
- [18] C. C. Gamarra Lezcano, M. I. Díaz Lezcano, M. Vera de Ortíz, M. D. P. Galeano y A. J. N. Cabrera Cardús. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. Revista mexicana de ciencias forestales, vol. 9, no. 46, pp. 4-26. 2018.
- [19] W. Bohórquez-Santana. El proceso de compostaje (Vol. 1). Universidad de la Salle. 2019.
- [20] P. Román, M. Martínez y A. Pantoja. Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile (Chile). 2013. <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- [21] M.A. Amézquita. Niveles de Bocashi y microorganismos eficaces en el rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Selva en condiciones de zonas áridas – irrigación Majes. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. 2018.
- [22] C.L. Boechat, J.A. Gonzaga y M. Accioly. Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with 'Fermented Bokashi Compost'. Acta Scientiarum, vol. 35, no. 2, pp. 257-268. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i2.15133>
- [23] (ICA) Instituto Colombiano Agropecuario. (2015). Cartilla práctica para la elaboración de abono orgánico compostado en producción ecológica. Bogotá. Colombia
- [243] C. A., Navia-Cuetía, Y. Zemanate-cordoba, S. Morales-velasco, F. A. Prado y N. Albán López. Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, vol. 11(SPE), pp. 165-173. 2013.
- [25]. D. V. Cruz Villamizar, P. P. Rodríguez Ospino, L. Castellanos González, N. E. Céspedes Novoa, Validación de una tecnología en producción limpia de fresa a pequeña escala en la finca Sol Vida del municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 7, no 1, pp. 3 - 18. 2022. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/2769/3963>