

Efecto de la aireación en la producción de abono orgánico mediante la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca

Jhanna P. Brieva F.¹ José R. Ferrer G.^{1,2}, Carlos Fernández B.³ y Jorge Ortega³

¹Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo. Venezuela.

²Escuela de Ingeniería Química. Departamento de Ingeniería Bioquímica. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Apartado 526, Maracaibo 4001-A. Estado Zulia. Venezuela

³Laboratorio de Fisiología Vegetal. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Apartado 15205, Maracaibo ZU 4005, Venezuela

E-mail: jhanna1980@hotmail.com, josferrer1@gmail.com, cfernandez@luz.edu.ve y jortegaa@gmail.com

Recibido: 15-12-2015

Aceptado: 24-05-2016

Resumen

Se estudió el efecto de la aireación en la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca, para establecer los parámetros óptimos que permitan producir un abono orgánico (compost) con características morfológicas y químicas necesarias para acondicionar suelos de cultivo. El proceso se realizó en un biorreactor cilíndrico de 4L con disposición del sustrato como lecho empacado, con cámara de aire en la parte inferior conectado a un compresor para mantener el flujo continuo de aire de 3LPM, 5LPM y 8LPM. Adicionalmente, se realizó el control anaeróbico del proceso. Los parámetros, pH, temperatura, relación carbono/nitrógeno (C/N), humedad, bacterias, hongos y levaduras para el desecho de uva, están dentro de los límites adecuados para que el bioproceso aeróbico y anaeróbico se realice de forma natural. Durante la fermentación el pH se mantuvo entre 3 y 7, la temperatura osciló entre 20 y 26°C y la humedad varió entre 45 y 60%. El análisis de varianza evidenció que no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes flujos de aire durante la fermentación ni entre los parámetros fisicoquímicos para los abonos. El compost aeróbico con un flujo de aire de 5 LPM presentó los mejores resultados.

Palabras claves: Compost, aireación, fermentación en estado sólido, desecho de uva blanca, bioensayo

Effect of aeration in the organic fertilizer production by solid state fermentation of waste white grape

Abstract

Aeration effect on solid state fermentation of White grape waste was studied in order to establish optimal parameter for compost production in order to achieve physical and chemical characteristics to use it as a soil amendment. Fermentation process was performed in a 4L cylindrical bioreactor with substrate disposed as a packed bed; an air compressor supplied continuous air flow at 3LPM, 5LPM, 8LPM, respectively, and one in anaerobic conditions as control. Parameters, pH, temperature, carbon nitrogen relationship (C / N), moisture, bacteria, fungi and yeasts to dispose of grape are within appropriate limits for the composting process takes place naturally.

During fermentation, pH remained between 3 and 7, temperature varied between 20 and 26 ° C, and the humidity changed between 45% and 60%. Analysis of variance showed no significant differences between the different air flows encountered during fermentation or between the physicochemical parameters for fertilizers. Aerobic compost analyzed showed the best results is the 5 LPM

Keywords: Compost, aeration, solid state fermentation, white grape waste, bioassay

Introducción

La vid es una de las primeras plantas que cultivó el hombre, motivo por el cual ha jugado un papel importante en la economía de las civilizaciones. Tras la modificación del vino por parte del cristianismo el cultivo ha experimentado un auge que ha perdurado hasta el presente, de tal manera que la mayor parte de la producción de uva está destinada a la elaboración de vinos según las distintas variedades de uvas. Hoy en día, la vid se cultiva en regiones cálidas, siendo los mayores productores: Australia, Sudáfrica, Italia, Francia, España, Portugal, Turquía, Grecia, Chile y Argentina (Jiménez y Villegas, 2008).

En la actualidad, Venezuela también ha presentado grandes avances en esta área, siendo el Zulia uno de los estados pioneros en producción de frutales, y se ha caracterizado desde hace más de veinte años en el desarrollo de esta actividad, destacándose por cultivos de uva tanto de mesa como de vinos, guayaba, níspero, limas, entre otros (Avilán y Batista, 1992).

Por otra parte, los procesos asociados a la producción vinícola generan gran cantidad de residuos tanto sólidos como líquidos, los cuales por lo general no son tratados, tales desperdicios están conformados por materia orgánica que al no ser dispuestos de manera adecuada pueden generar contaminación ambiental: del aire, generando olores desagradables; al agua, contaminando los reservorios tanto superficiales como subterráneos y al suelo, produciendo lixiviación. Los desechos de uva, constituyen una fuente segura de recursos renovables a través de la fotosíntesis, ya que este compuesto principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. En tal sentido, Cegarra (2006); Kulcu y Yadiz, (2004); Smidt y Lechner (2005) expresan, que cada día la cantidad de desechos producto de actividades industriales aumenta en el mundo, lo que hace necesario el desarrollo de nuevas estrategias de manejo adecuadas a fin de evitar problemas de contaminación ambiental.

Debido a la disponibilidad de los desechos de uva que se presentan de la industria vinícola, este puede ser empleado para producir abono orgánico, logrando disminuir la contaminación de los suelos, aire y agua. El compostaje, o biodegradación aeróbica, es un proceso donde los microorganismos son los encargados en degradar la materia orgánica y transformar el material en nuevos productos, siempre y cuando las condiciones de humedad y aireación se prevean adecuadamente, obteniendo de esta forma un producto estable y libre de microorganismos patógenos que puede ser utilizado como acondicionador de los suelos en la agricultura (Bertrán et al., 2004; Cáceres et al., 2006; Kulcu y Yadiz, 2004; y Zmora et al., 2007).

La importancia del proceso de fermentación en estado sólido (FES) radica en algunas ventajas frente a otros procesos, entre las cuales están; la simplicidad de los medios de cultivo, el uso de fermentadores con menores requerimientos espaciales y de diseño accesible para su elaboración, la facilidad para la obtención y aplicación del inóculo, la facilidad para el escalado de los procesos, bajos requerimientos energéticos y volumen de efluentes reducidos.

Debido a que la aireación forma parte del proceso de FES, este es un parámetro que influye de manera significativa en las características de los productos del proceso y por lo cual se hace necesario evaluar el efecto de la aireación en la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca.

Materiales y métodos

Caracterización del desecho

Una vez recolectado el desecho de uva blanca, se tamiza para que el tamaño de la partícula sea uniforme, de aquí se toma la muestra y se le realiza la siguiente caracterización: Determinación de pH según la norma COVENIN 1315:79, temperatura, humedad hasta llegar a peso constante, materia seca, cenizas por norma COVENIN 320:1996, proteínas, nitrógeno por el método Kjeldahl, hongos y levaduras por la norma COVENIN 1126-77, bacterias, el carbono se determina multiplicando el contenido de cenizas por un factor = 1,72 (Bernal et al., 1998). Esta caracterización se realizó también al desecho después de fermentar.

Desarrollo de la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca

Se construyeron 4 biorreactores cilíndricos de plástico acrílico de 15 cm de diámetro y 25 cm de altura (volumen 4L), con un sistema de disposición del lecho, y cámara de aire en la parte inferior conectado a un compresor para mantener el flujo continuo de aire de 3LPM, 5 LPM y 8LPM. Para la fermentación en estado sólido se introduce en cada biorreactor 700g de desecho seco de uva blanca y se le agrega 1043 g de agua destilada para tener el desecho con una humedad del 60%, propiciando el ambiente idóneo para el proceso. Se airea por 2 horas todos los días, durante un periodo de 15 días aproximadamente para que se degrade el desecho, monitoreando pH, temperatura y humedad. También se determinan otros parámetros como: cenizas, proteína cruda, carbono, C/N, Hongos, levaduras y bacterias al inicio y al final del proceso para verificar el efecto de los diferentes flujos de aire en los abonos y se realiza una comparación de estos parámetros con mezclas del compost con turba al 1:1 V/V como abono referencial.

Diseño Experimental

Los biorreactores se realizaron bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar donde se desea probar el efecto del flujo de aire en la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca, con factores de tratamientos los distintos flujos de aireación y variable respuestas, pH y Temperaturas, utilizando un paquete SAS. Para los datos de las variables respuesta se realizan 3 repeticiones y si se encuentran diferencias significativas hay que aplicar una prueba más específica (Tukey).

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica y microbiológica del desecho de uva blanca

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del desecho la uva blanca

Muestra	% H	% MST	% CEN	% C	% PC	% N	% P	% K	C/N	pH	Heterótrofos Mesófilos UFC/ml	Hongos y Levaduras UFC/ ml
Desecho de uva blanca	10	90	29,07	50,00	10.35	1.65	0.579	0.206	30,30	3.2	1,07*10 ¹⁰	4,10*10 ⁵

H: humedad, MST: materia seca total, CEN: ceniza, C: carbono, PC: proteína cruda N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio, C/N relación carbono nitrógeno, pH: potencial de hidrógeno.

En la tabla 1, se presentan los resultados de la caracterización del desecho de uva blanca, el contenido de humedad del material de desecho seco al sol es de 10% ideal para evitar el crecimiento descontrolado de la flora microbiana, el contenido de materia seca total, representa la materia orgánica e inorgánica que componen la muestra fue de 90%.El contenido de bacterias, hongos y levaduras en el desecho es idóneo para que el proceso de compostaje se dé de forma natural (Ferrer, et al, 1993).

El contenido de cenizas fue 29.07%, este representa la fracción mineral (óxidos pesados) que resulta luego de incinerar la muestra a 430 °C quemando todo el material orgánico y a través del cual se pudo determinar que el carbono presente en la muestra es de 50%, valores similares reportó Berradre et al., (2009)

El porcentaje de proteína cruda correspondiente de 10.35, incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico. Por su parte, el contenido de nitrógeno fue de 1.65, teniendo en cuenta que el nitrógeno es un importante nutriente para cultivos, se comprende el interés por evitar pérdidas en el transcurso del compostaje que pueden ocasionar que el contenido de nitrógeno disminuya, las primeras pérdidas ocurren los primeros días cuando existe un alto valor de pH y elevada temperatura (Berrena, 2006). Por los valores de nitrógeno y carbono se determinó una relación C/N de 30,30 la cual es de gran importancia al final del proceso de compostaje debido a que representa un parámetro de la calidad del abono generado, este valor esta por encima de los reportado por Berradre et al., (2009). El pH que se representa en la tabla 1, indica el valor correspondiente a las mediciones llevadas a cabo antes de la fermentación, fue de 3.2 valor aceptado para el crecimiento de los microorganismos en un proceso de compostaje.

El valor de los minerales fósforo y potasio fue de 0.579 y 0.206, respectivamente. Estos elementos representan las características más importantes de un abono ya que son los que aportan los nutrientes esenciales a las plantas.

Condiciones de aireación en el desarrollo de la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca

A continuación se presentan los resultados del contenido de humedad en los distintos abonos.

Tabla 2. Contenido de humedad y material seca del abono orgánico.

Compost	%MS	%H
Compost 1 5LPM	46,38	53,6
Compost 2 8LPM	40,5	59,5
Compost 3 3 LPM	42,38	57,6
Compost 4 0LPM	42,1	57,9

MS: Materia seca, H: Humedad

El contenido de humedad en la mezcla de compostaje es un parámetro importante para el desarrollo de la flora microbiano ya que este es el medio de transporte y disolución de los nutrientes requeridos para el desarrollo de las actividades metabólicas y fisiológicas de los microorganismos (Kulcu y Yadiz, 2004). Debido a esto el contenido de humedad en la investigación se mantuvo entre el 50 y 60%, ya que son valores adecuados para que se de el proceso de compostaje de forma idónea. En otras estudios similares realizados se muestran valores de humedad que varían entre 22,52% al 73,56% para bagazo de uva (Botella et al., 2007; Ferrer et al.,1997), para compostaje a base de paja de trigo y agua de desecho del procesamiento del tomate (Vallini et al., 1983), y compostaje a base de raquis de uva (Bertran et al., 2004). El contenido máximo de humedad para un compostaje aeróbico satisfactorio, puede variar con los materiales usados (Bertran et al., 2004).

A continuación se presentan las curvas que muestran la variación del pH y Temperatura para cada reactor.

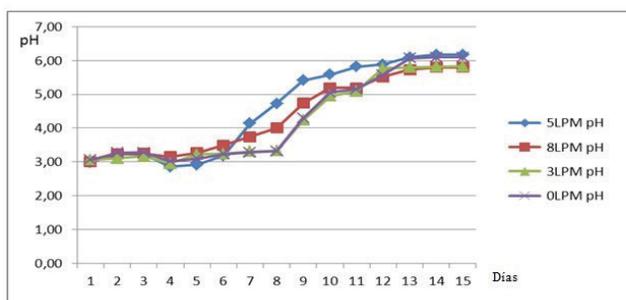


Figura 1. Curva de pH durante la fermentación en estado sólido para cada Biorreactor.

El análisis de varianza indicó que no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes flujos de aire.

Como se puede observar en la figura 1, el proceso empieza en un pH ácido para cada biorreactor, luego presenta un leve descenso y posteriormente va aumentando a medida que transcurre el tiempo, presentando su valor máximo al final del proceso entre valores de 5,80 a 6,20, presentandose para cada unidad experimental la estandarizacion del pH desde el día 13 en adelante, lo cual indica que ha finalizado el proceso y que el sustrato esta en la etapa final de descomposición.

Este comportamiento se presenta durante la descomposición del compost orgánico debido a la acción de los microorganismos en el sustrato, según López - Cuadrado (2006), primero se observa una caída del pH, por la liberación de los ácidos presentes en la materia y posteriormente este se eleva y se mantiene constante lo cual demuestra que se ha llegado a la etapa de maduración del compost.

A continuacion se presentan las curvas con los datos de temperatura observados durante el proceso de fermentacion por corrida para cada reactor.

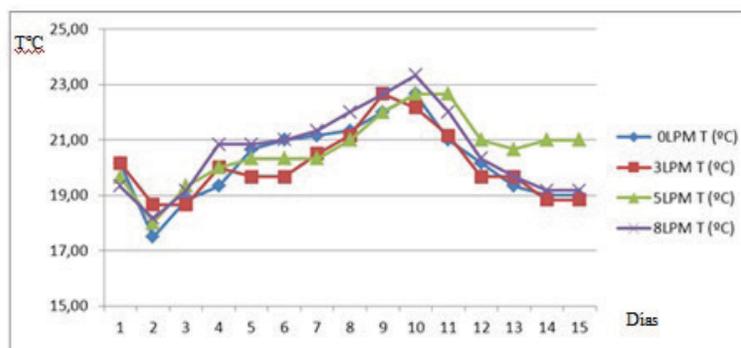


Figura 2. Curva de Temperatura durante la fermentación en estado sólido para cada bioreactor

El análisis de varianza indicó que no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes flujos de aire. Como se puede apreciar en la figura 2, los valores de temperatura inician en 19 °C aproximadamente para cada biorreactor; observandose un maximo de 23°C, posteriormente descienden a 20 °C manteniendose aproximadamante constante al final del proceso.

Por lo observado en la curvas de temperatura se presentan las 4 fases: la fase inicial que es la mesofila cuando empieza el crecimiento de microorganismos mesofilos, luego la fase termofila cuando está en a su máximo punto de temperatura dándose la coexistencia de bacterias termofilas evidenciandose por el incremeneto de la actividad microbiana Cayuela, et al (2006); Kulcu y Yadiz (2004); Rau et al., (1989), seguida por la segunda fase mesófila, donde se observa un descenso de temperatura posteriormente con el descenso de nutrientes toda actividad microbiana decrece dandose la fase de enfriamiento o

segunda fase mesofila con la cual empieza el descenso de microorganismos y finalmente la cuarta etapa la fase de estabilización de la temperatura a la del ambiente que se da maduración del compost donde la actividad microbiana es baja.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto obtenido de la fermentación.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto obtenido de la fermentación se muestran en la siguiente tabla, los valores presentados son del promedio de 3 repeticiones para cada abono:

Tabla 3. Contenido de Nitrógeno del abono orgánico.

Parámetro	Tratamientos								
	Comp 0LPM	Comp 3LPM	Comp 5LPM	Comp 8LPM	Comp 0LPM: T	Comp 5LPM: T	Comp 3LPM: T	Comp 8LPM: T	Comp T
% N	2.35a	2.32a	2.63a	2.36a	1.61b	1.62b	1.60b	1.62b	0.87c

N: nitrógeno T: turba

El análisis de varianza detectó un efecto significativo ($p < 0,05$) del factor tratamiento sobre el contenido de nitrógeno. Al aplicar la prueba de medias se obtuvo que entre los compost puros no hay diferencias, y que entre los compost mezclados con turba tampoco son diferentes, pero que los compost puros si son significativamente diferentes a los compost mezclados con turba. El contenido de Nitrógeno al inicio del compostaje fue de 1,65, aumentando al final del proceso a valores comprendidos entre 2,63 a 2,32 para los diferentes compost, presentando el valor más alto el compost con flujo de 5 LPM. Este aumento se debe al uso del nitrógeno por los microorganismos para sintetizar el protoplasma celular, y al morir incrementa la concentración de nitrógeno reciclado durante el proceso, de esta manera se logra la conservación de nutrientes en el compost final, lo cual indica que este abono aporta más nutrientes a las plantas. (Ferrer et al., 1993).

Además, no se presentaron pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco, ya que las temperaturas no fueron demasiado elevadas ni los valores de pH se presentaron muy alcalinos, así como lo afirma Cayuela et al., (2006) que las pérdidas por volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco son comunes cuando las temperaturas del compostaje son muy elevadas (mayores a 90°C) y los pH muy alcalinos en el rango de (7 a 9) y también otros autores expresan que estas pérdidas se pueden controlar al mantener la acidez en el medio Kulcu y Yadiz (2004).

En cuanto a los resultados arrojados para el nitrógeno, al momento de seleccionar el flujo más conveniente para el proceso de compostaje por el mayor contenido de nitrógeno se está ratificando los cálculos realizados por Acosta (2010), que el compost que presenta mejor resultados es el realizado con 5 LPM, ya que el investigador concluye que este es el caudal óptimo de suministro de aire para garantizar una concentración de oxígeno de 0,12mg.l-1 que es la cantidad promedio que los microorganismos consumen durante el proceso de fermentación.

Por otra parte, Berradre et al., (2009) obtuvo valores de nitrógeno de 2,58; 3,34; 2,74 y 3,26 para flujos de aireación de 30,50,80 y 140 LPM, en compost de uva, para una aireación de dos horas diarias estos valores fueron considerados adecuados para un abono de buena calidad.

Zmora et al., (2007) indican un 2,72% de N en compostaje realizado principalmente con orujo de uvas. Inbar et al., (1991), obtuvieron valores del contenido de nitrógeno en compostaje de desechos de uva mediante el método de corridas de aire (Windrow), de 3,4% al principio y del 4,2% al final de proceso. Por lo que se puede establecer que el abono en el presente estudio posee propiedades fisicoquímicas adecuadas para el cultivo.

Tabla 4. Contenido de Carbono del abono orgánico.

Parámetro	Tratamientos								
	Comp 0LPM	Comp 3LPM	Comp 5LPM	Comp 8LPM	Comp 0LPM: T	Comp 3LPM: T	Comp 5LPM: T	Comp 8LPM: T	Comp T
% C	38.52ab	37.14ab	35.56b	41.88ab	41.56ab	40.87ab	40.09ab	43.24ab	44.61a

C: Carbono T: turba

El análisis de varianza detectó un efecto significativo ($p < .0, 05$) del factor tratamiento sobre el contenido de carbono. Al aplicar la prueba de medias para evaluar las diferencias entre los tratamientos se pudo observar que el tratamiento con mayor contenido de carbono es turba pura esto es debido a su naturaleza (alto contenido de carbono) y este tratamiento es estadísticamente diferente al compost 5LPM pero ambos son estadísticamente iguales al resto de las mezclas. El contenido de carbono al inicio del estudio fue de 50,00 % cambiando al final del proceso de compostaje a valores para los diferentes abonos que están dentro del rango de 35,57 % y 46,67 %, estos valores son similares a los que obtuvo Berradre et al., (2009) quien reportó el contenido de carbono al final del proceso de compostaje de desecho de uva, hasta valores comprendidos entre 40,56% y 47,29%, para los diferentes flujos de aire y tiempos de aireación establecidos. Así como también, Zmora et al., (2007) quienes señalan un contenido promedio de 42,2% para compostaje realizado principalmente de orujo de uvas. La disminución del contenido de C está asociado al proceso de degradación que sufre el carbono durante el compostaje; según Trois y Polster (2007) durante el compostaje una parte del carbono se degrada biológicamente produciendo CO₂ que se desprende y es usado por los microorganismos para su crecimiento.

Tabla 5. Relación Carbono / Nitrógeno del abono orgánico.

Parámetro	Tratamientos								
	Comp 0LPM	Comp 3LPM	Comp 5LPM	Comp 8LPM	Comp 0LPM: T	Comp 3LPM: T	Comp 5LPM: T	Comp 8LPM: T	Comp T1
C/N	16.42c	16.01c	15.08c	17.78c	25.80b	25.58b	24.79b	26.77b	51.07a

C/N: Relación carbono / nitrógeno T: turba

El análisis de varianza detectó un efecto significativo ($p < .0,05$) del factor tratamiento sobre la variable C/N, al aplicar la prueba de medias se observa que el tratamiento T que es 100% turba es diferente significativamente a el resto de los compost, además los tratamientos 5LPM: T, 8LPM: T, 3LPM: T, 0LPM: T, los cuales corresponden a combinación de turba con compost, entre ellos no hay diferencias significativas, presentando el mayor valor para el de 8L1:T1, Asimismo entre los compost puros tampoco se presentaron diferencias significativas, pero todos los compost puros son estadísticamente diferentes a los mezclados con turba. Estos resultados son debido al alto porcentaje de carbono presente en la turba y además al bajo contenido de nitrógeno que esta presente en la muestra al inicio del proceso. Por otra parte, como la relación C/N al inicio de la FES esta en el límite superior recomendado para el proceso, esto puede incidir en los resultados ya que contenido de nitrógeno es bajo, lo que puede generar una degradación incompleta de compuestos lignocelulósicos que por la falta de nitrógeno no terminan de degradarse, lo cual que afectan al crecimiento plantas debido a que impiden el transporte de nutrientes, lo que estaría indicando que el sustrato no alcanzó una estabilización, lo que pudiera ser el motivo de que las plantas con 100% compost puros se murieran. Así como lo indica Borner (1957), durante la descomposición orgánica de sustancias con alto contenido de lignina, sustancias fitotóxicas incluyendo ácidos fenólicos tales como el p- camárico p – hidroxibenzóico puede acumularse e inhibir severamente la elongación de la raíces en especies sensibles

La relación C/N al inicio del proceso fue de 30:1, el cual es un valor que está en el límite superior para que se dé un compostaje eficiente, ya que la relación óptima inicial se ha establecido en el rango

de 20 % y 30% Martin y Gershuny (1992). Esta relación disminuyó al final de la biodegradación a valores comprendidos entre 13,52% y 19,77%, siendo el menor valor de 13,52 % para el abono de 5 LPM, esta disminución se da por la disminución del contenido de carbono y al incremento del contenido de nitrógeno durante el proceso, los valores se mantuvieron dentro del rango óptimo de 10% a 15% según Breidenback (1971). Un comportamiento similar se presentó en otros estudios entre los que están la investigación que realizó Berradre et al., (2009) con la relación C/N ya que reportaron valores iniciales de 23,02, disminuyendo al final del proceso hasta valores comprendidos entre 13,13 y 17,03, indicando que se debe al descenso del porcentaje de carbono y al incremento del porcentaje de nitrógeno a lo largo del proceso. Así como también, Inbar et al., (1991), obtuvieron una relación C/N de 25,8 al principio y de 19,9 al final para el compostaje de desechos de uva mediante el método de corridas de aire. Zmora et al., (2007) indican valores de promedios C/N iguales al 5,6 para abonos realizados con de orujo de uva como componente principal. Zaccheo y Genevini, (1993), obtuvieron una relación de C/N de 14,48 en el abono orgánico elaborado a base de basura municipal en condiciones aeróbicas.

Tabla 5. Conteo de microorganismos de los compost.

Compost	Heterótrofos Mesófilos UFC/ml	Hongos y Levaduras UFC/ ml
0LPM	2,7E+10	7E+05
3LPM	6,67E+7	1E+06
5LPM	4,1E+09	9E+05
8LPM	9,79E+09	7E+05

UFC: Unidades formadoras de colonias

En la tabla 5, se muestran los valores para el conteo de heterótrofos mesófilos, hongos y levaduras al final del proceso, aquí se observa un descenso del conteo de UFC una vez finalizado el compostaje. Esta observación es común y puede ser causado por efectos de factores bióticos (actividad de protozoarios) y factores abióticos (irradiación de UV) Li et al., (2004).

Conclusiones

Los parámetros indicadores de un compostaje eficiente, pH, temperatura, relación carbono nitrógeno, humedad, bacterias, hongos y levaduras para el desecho de uva, se localizan dentro de límites adecuados para que el proceso de compostaje se realice de forma natural.

Durante el desarrollo del proceso de fermentación aeróbica, el contenido de humedad se mantuvo dentro de los límites adecuados para la transformación del sustrato. Asimismo, el pH cercano a la neutralidad alcanzado por el abono orgánico al final del proceso, para los distintos flujos de aire, demuestra que se ha llegado a la etapa de maduración del compost, lo que le confiere características adecuadas para ser usado como acondicionador de suelos para cultivos. Para las variables pH y Temperatura no se detectaron diferencias significativas entre los distintos flujos de aire utilizados para producir el compost.

Los parámetros fisicoquímicos del compost presentaron variaciones que están asociadas a la degradación aeróbica, y luego de realizar la comparación entre los distintos flujos de aire utilizados, el que presentó los valores óptimos fue el biorreactor de 5 LPM.

Bibliografía

1. Acosta, E. (2010) “Efecto de la transferencia de oxígeno en fermentación en estado sólido”. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.
2. Avilán, L.; Leal, F. y Batista, D. (1992) “Manual de fruticultura”. Editorial América CA. 2da Edición. Tomo II. Venezuela. P (1405-1469)
3. Bernal M.P., Saánchez-Monedero M.A., Paredes C., Roig A. (1998). Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 69, 175 – 189.
4. Berradre M., Mejias M., Ferrer I., Chandler C., Páez G., Mármol Z., Ramones E., Ferrnandez V. (2009) “Fermentación en estado sólido del desecho generado en la industria vinícola”. *Rev. Fac. Agron. LUZ*. Vol. 26. (398 – 422).
5. Berrena, R. (2006) “Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso”. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
6. Bertran, E., X. Sort, M. Soliva, I. Trillas. (2004). Composting winery waste: sludges and grapes stalks. *Bioresour. Technol.* 95, 203-208
7. Borner, H. (1957) Die Abgabe Organischer Verbindungen aus Karyopsen, wurzeln, und ernterückständen von roggen, weizen und gerte und ihre bedeutung bei der gegenseitigen beeinflussung der höheren pflanzen. *Beitr, Biol. Pflanz.* 33, 33-83.
8. Botella, C., A. Díaz De Ory, I. Webb C. y Blandino, A.. (2007). Xylanase and pectinase production by *Aspergillus awamory* on grape pomace by solid state fermentation. *Proc. Biochem.* 42, 98-101
9. Breidenback, A. W. (1971) composting of municipal solid waste in the United States U.S.. *Environment Protection Agency* 47.
10. Caceres, R., X. Flotats y O. Marfa. (2006). Changes in the chemical and physicochemical properties of solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. *Waste Manage.* 26, 1081-1091.
11. Cayuela M., M. Sanchez y A. Roing (2006) Evaluation of two different aeration systems for composting two – phase olive mill waste. *Processes Biochem* 41, 616 – 623.
12. Cegarra, J., Alburquerque, J., González, J., Tortosa, G., y Chaw, D., (2006). “Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive-mill by-product (“alperujo”) managed by mechanical turning “. *Waste Management*, Vol. 26, Issue 12. (1377-1383).
13. Ferrer, J., G. Páez, E. Martínez, C. Chirinos, y Z. Mármol. (1997). Efecto del abono de bagazo de uva sobre la producción de materia seca en el cultivo de maíz (*Zea Mays L.*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 14, 55-65.
14. Ferrer, J., Mujica, D., y Páez, G. (1993). “Producción de un compostaje a partir de desechos de uva”. *Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia*. Vol 16, N°3. (191 – 198).
15. Inbar, Y., Y. Chen y Y. Hadar. (1991). Carbon – 13 VPMAS NMR and FTIR Spectronic analysis of organic matter transformation during composting of solids wastes from wineries. *Rev. Soil Science*. 152, (4), 272-281.
16. Jiménez, I., y Villegas, J. (2008). “Evaluación del tratamiento de hidrólisis ácida del bagazo de uva”. Tesis de grado. Universidad Rafael Urdaneta.
17. Kulcu, R y O. Yadiz. (2004). Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricul-

- tural wastes. *Bioresour Technol.* 93, 49-57
18. Li, L., C. Cunningham, V. Pas, J. Philp, D. Barry, P. Anderson. (2004). Field trial of a new aeration system for enhancing biodegradation in a biopile. *Waste Manage.* 24, 127-37
 19. López - Cuadrado, M.C., Masaguer A. (2006) "Sustratos para viveros: "Conocer sus propiedades ayuda a su correcta utilización". *Horticultura* , vol. extra. p 44- 50
 20. Martin, D.; Gershuny, G. (1992). *The rodale book of composting. Easy methods for every gardener. Second Edition.* Rodale Press. Pensnsylvania.
 21. Rau, J., G. Castro y K. Park. (1989) Conversion of cane bagasseto compost and its chemicals characteristics. *Rev. Biotechnol and Bioeng . Sysmp* (8), 24-6.
 22. Rick,C.M. (1978) The tomato.*Sci. Amer.*,239:67 – 76.
 23. Smidt, E. y Lechner, P. (2005). " Study on the degradation and stabilization of organic matter in waste by means of thermal analyses. *Thermochim Acta.* 48, 22-28.
 24. Trois, C., I., Polster. (2007). Effective pine bark composting with the Dome Aeration Technology. *Waste Manage.* 27, 96-105.
 25. Vallini, G., Bianchin M.; Pera A. y De Bertoldi M. (1983). Composting agroindustrial byproducts. *Rev. Biocycle.* 24, 43-7
 26. Zaccheo, C. y P. Genevini. (1993). Nitrogen transformation in soil treated with N labelled or composted ryegrass. *Rev. Plant and Soil.* 42, (2), 193- 201.
 27. Zmora, S.; Hadar Y. y Chen Y. (2007). Physico- chemical properties of commercial compost varying in their source materials and country origin. *Soil Soil Biology & Bio.* 39, 1263- 276.