

Fermentación en estado sólido del desecho generado en la industria vinícola

Solid state fermentation of the wastes generated in the wine-making industry

M. Berradre¹, M. Mejías², J. Ferrer², C. Chandler², G. Páez², Z. Mármol²,
E. Ramones² y V. Fernández¹

¹Laboratorio de Alimentos. Facultad de Ciencias. LUZ. Maracaibo. Venezuela.

²Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería. LUZ. Maracaibo. Venezuela.

Resumen

Se estudió el efecto de la aireación y el tiempo de aireación en el bioproceso semisólido de bagazo de uva sobre los parámetros indicadores de la biotransformación. El proceso se efectuó en un biorreactor cilíndrico de lecho empacado de 98 litros de capacidad de operación, conectado a un rotámetro y a un compresor para medir los flujos de aire: 30, 50, 80 y 140 L.min⁻¹, durante los tiempos de aireación de 2 y 3 horas. El pH se mantuvo entre 7,34 y 8,41 durante el tiempo de duración del proceso. El flujo de aire y el tiempo de aireación fueron adecuados para obtener temperaturas superiores a los 52°C. La humedad se mantuvo entre 30 y 60%. Del análisis de varianza aplicado ($\alpha=0,05$), se estableció que el efecto causado por el flujo de aire sobre el contenido de nitrógeno, el contenido de carbono y la relación C/N no dependió del tiempo de aireación seleccionado. El flujo de aire empleado y los tiempos de aireación afectan el contenido de nitrógeno en el producto obtenido, no siendo así para el contenido de carbono; por otro lado, el flujo de aire empleado afectó la relación C/N, mientras que los tiempos de aireación no afectaron esta relación. Entre todos los flujos de aire y tiempos de aireación las condiciones de 50 L.min⁻¹ y 2 horas de aireación garantizaron la obtención de un buen producto con un consumo de energía mínimo.

Palabras clave: fermentación, aireación, desecho de uva

Abstract

The ventilation effect and time in the bio-process of semi-solid grape bagasse on the indicating parameters of the biotransformation was evaluated. The process was carried out in a cylindrical packed bed batch bioreactor of 98 L of operation capacity, connected to a Rotameter and a compressor to measure the air flows: 30, 50, 80 and 140 L.min⁻¹, during the aeration of 2 and 3 hours. The pH stayed between 7.34 and 8.41 during the process duration time. The air flow and the aeration time were adapted to obtain temperatures above 52°C. Moisture stayed between 30 and 60%. From the variance analysis applied ($\alpha=0.05$), it can be established that the effect caused by the air flow on the nitrogen content, the carbon content and C/N relationship did not depend on the aeration time selected. The air flow and the aeration times used affect the nitrogen content in the final product, contrary to the carbon content; on the other hand, the used air flow affected C/N relationship, whereas aeration times did not affect this relationship. Among all the air fluxes used, the conditions of 50 L.min⁻¹ and 2 hours of aeration guaranteed the obtaining of a well product with minimum power consumption.

Key words: fermentation, aeration, grape bagasse.

Introducción

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 (Cegarra *et al.*, 2006; Kulcu and Yadiz, 2004; Smidt and Lechner, 2005). Muchos de estos desechos, están constituidos por sustancias biodegradables, y pueden ser utilizados para diversos fines, mediante biotecnologías aplicadas al aprovechamiento de la biomasa y la disminución de la contaminación del medio ambiente (Sasson, 1984). En Venezuela, se producen cerca de cuatro millones de toneladas de desechos agroindustriales, procedentes de cultivos de caña de azúcar, arroz, maíz, yuca, plátano, bananos, sorgo, café y

Introduction

Each day the wastes quantity as a result of industrial activities increases around the world, that makes necessary the development of new management strategies adequate with the purpose of avoiding environmental contamination problems (Cegarra *et al.*, 2006; Kulcu and Yadiz, 2004; Smidt and Lechner, 2005). Many of these wastes, are constituted by biodegradable substances, and could be used for any purpose; through biotechnologies applied to the biomass use and environment contamination diminish (Sasson, 1984). In Venezuela, almost four million tons of agro industrial wastes are produced, coming from sugarcane, rice, corn, cassava, plantain, banana, sorghum, coffee and grape crops, which cause

uva, lo cual crea problemas de contaminación ambiental ya que son dispuestos en el ecosistema deliberadamente, causando daños irreversibles en éste (Ferrer *et al.*, 1997).

La biodegradación aeróbica de compuestos orgánicos, es una manera simple y eficiente de tratar desechos para ser transformados en abonos orgánicos, esta técnica se conoce como compostaje y en este proceso los microorganismos son los encargados de transformar el material en nuevos productos, siempre y cuando las condiciones de humedad y aireación se provean adecuadamente, obteniendo de esta forma un producto estable y libre de microorganismos patógenos que puede ser utilizado como acondicionador de suelos en la agricultura (Bertran *et al.*, 2004; Cáceres *et al.*, 2006, Kulcu and Yadiz, 2004, Zmora *et al.*, 2007). En la obtención del producto la aireación es fundamental para que ocurra la descomposición de la materia prima por los microorganismos.

En Italia, se han llevado a cabo, diferentes tipos de compostaje utilizando desechos de tomate, residuos de corcho, cáscara de olivo y lodos de tenerías vegetales como sustrato, obteniéndose un producto final adecuado como fertilizante orgánico (De Bertoldi *et al.*, 1982). En España el aumento de los desechos originados de la industria vitícola y aceite de oliva a llevado al desarrollo de técnicas de utilización de estos para producir compostajes que son posteriormente utilizados como abono en los suelos de cultivo (Bertran *et al.*, 2004; Cayuela *et al.*, 2006, Cegarra *et al.*, 2006).

En Venezuela, la pulpa de café

environmental pollution problems because they are on purpose disposed in ecosystem, by causing irreversible damages on it (Ferrer *et al.*, 1997).

The aerobic biodegradation of organic compounds, is a simple and efficient way of deal with wastes to be changed into organic manures, a technique known as composting and in this process, microorganisms changes material into new products, as long as the moisture and aeration conditions be adequately supplied, getting in this way a stable product, free of pathogens microorganisms that could be used like soil conditioner in agriculture (Bertran *et al.*, 2004; Cáceres *et al.*, 2006, Kulcu and Yadiz, 2004, Zmora *et al.*, 2007). In the product obtaining, aeration is basic for raw matter decomposition by the microorganisms.

In Italy, different composting types has been used, from tomato wastes, cork residues, olive peel, vegetable muds like substrate, being obtained an adequate final product like organic manure (De Bertoldi *et al.*, 1982). In Spain, the increase of wastes from vine-growing industry and the olive oil have taken to the development of use techniques to produce compost being used later like manure in crop soils (Bertran *et al.*, 2004; Cayuela *et al.*, 2006, Cegarra *et al.*, 2006).

In Venezuela, the coffee pulp have been exposed to aerobic composting methods, through forced and free convection, without additives, being obtained a product that shows adequate physical-chemical characteristics, for its use like manure. The grape bagasee have

ha sido sometida a métodos de compostaje aeróbico, mediante convección forzada y libre, sin aditivos, obteniéndose un producto que presenta características físico-químicas adecuadas, para su uso como abono. El bagazo de uva también ha sido sometido a métodos de compostaje aeróbico, mediante el volteo de la pila de compostaje, utilizando gallinaza como aditivo (Ferrer *et al.*, 1997).

En el presente estudio se evaluó el efecto de la aireación, en el bioreactor de lecho fijo semisólido de bagazo de uva, proveniente de la elaboración del vino, sobre los parámetros indicadores de la biotransformación: Humedad, Población Microbiana, Relación C/N, Temperatura y pH, estableciendo diversos flujos de aire y tiempos de aireación.

Materiales y métodos

Bagazo de Uva: El bagazo de uva recién prensado, fue suministrado por el Centro Vitícola, ubicado en el Km. 32 vía el Mojan, estado Zulia, Venezuela. Se transportó una cantidad de 800 kg, se secó al sol recibiendo volteos cada tres horas, finalmente, se guardó en bolsas plásticas de 50 kg hasta el momento de su uso.

Procedimiento Experimental: Se pesaron 20 kg de bagazo de uva seco en una Balanza compacta marca PCE-WS 30 y se le adicionaron 30 L de agua, para aportarle a los microorganismos la humedad adecuada para su desarrollo, la cuál está comprendida entre 30 y 60%. Posteriormente, este material se colocó en el bioreactor, que consiste en un tanque cilíndrico de acero inoxidable que

been also treated with aerobic composting, through the composting pile turn, by using chicken manure like additive (Ferrer *et al.*, 1997).

In this study, the aeration effect was evaluated, in the bioreactor of fixed semi-solid substrate of grape bagasee, coming from wine making, on parameters indicators of biotransformation: moisture, microbial population, C/N relationship, temperature and pH, by establishing several air fluxes and aeration times.

Materials and methods

Grape bagasee: The grape bagasee just processed, was supplied by the vine-growing center, located in the Km. 32 via "El Mojan", Zulia state, Venezuela. A quantity of 800 kg was moved, sun-dried by receiving turns each three hours; finally, it was kept in plastic bags of 50 kg until the moment of its use.

Experimental procedure: 20 kg of dry grape bagasee are weighed in a compact balance mark PCE-WS 30 and 30 L water were also added, to give the adequate moisture to the microorganisms for its development, which was between 30 and 60%. After that, this material was placed on bioreactor, that consist in an stainless steel cylindrical tank that possess a substrate disposition system, an air chamber at the interior part and an operation capacity of 98 liters. The substrate disposition system consists of a plastic support with small holes orificios that guarantee a uniform air circulation through waste. Aeration induced was supplied by a

posee un sistema de disposición del lecho, una cámara de aire en la parte inferior del mismo y una capacidad de operación de 98 litros. El sistema de disposición del lecho consiste en un soporte de plástico que posee una serie de orificios, que garantizan la circulación del aire uniformemente por el desecho. La aireación inducida fue provista por un compresor, el cual se conectó a un rotámetro para medir los flujos de aire.

Una vez que el equipo estaba instalado se realizaron las corridas para los flujos de aire (30, 50, 80 y 140 L.min⁻¹) y tiempos de aireación (2 y 3 horas), midiendo a diario el pH, la humedad y la temperatura, mientras que el contenido de carbono y nitrógeno, así como el conteo de microorganismos se determinó al principio y al final del proceso. El pH inicial medido fue de 4.12. El tiempo de culminación del proceso de compostaje se estableció una vez que los valores de pH y temperatura permanecieron constantes.

Temperatura: Se realizaron mediciones con un termómetro tipo reloj con termocupla marca Thermo Electric, durante todo el proceso a profundidades intermedias de acuerdo a la masa de desecho con la que se trabajó en el bioreactor y la altura del mismo.

Carbono: El equipo utilizado fue un tren de combustión y equipo accesorio para análisis micro y semi-micro, Marca Heraeus, mediante una determinación microanalítica de carbono e hidrógeno. La determinación consistió en una combustión de la muestra a temperaturas entre 900 y 1000°C, utilizando un flujo de oxígeno

compresor, which was connected to a Rotameter to measure air fluxes.

Once equipment installed, the runs for air fluxes were done (30, 50, 80 and 140 L.min⁻¹) and aeration times (2 and 3 hours), by measuring pH daily, the moisture and temperature, by the carbon and nitrogen content, likewise the microorganisms count was determined at the beginning and at the end of process. The initial pH measured was 4.12. The finishing time of composting process was established once pH values and temperature remained constants.

Temperature: Measurements were done with a thermometer type clock with Thermocouple mark Thermo Electric, during all the process to intermediate depths according to the waste mass, working with bioreactor and its height.

Carbon: Equipment used was combustion train and accessories equipment for micro and semi-micro analysis, Marca Heraeus, through a micro analytical determination of carbon and hydrogen. Determination consisted in sample combustion to temperatures between 900 and 1000°C, by using a continuous oxygen flux, which favors the drag of water vapor and CO₂ produced. Weight gain, respect to the initial weight represents the H₂O and CO₂ quantities absorbed during determination. Carbon and hydrogen quantities present in sample were determined through the use of gravimetric factors.

Nitrogen, moisture and pH: They were determined by methods: Microkjeldahl AOAC, 1980; Constant weight, AOAC. 1980 and by using a

no continuo, lo que favorece el arrastre de vapor de agua y CO₂ producidos. La ganancia de peso, con respecto al peso inicial representa las cantidades de H₂O y CO₂ absorbidas durante la determinación. Las cantidades de carbono e hidrogeno presente en la muestra, se determinaron mediante la utilización de factores gravimétricos.

Nitrógeno, Humedad y pH: se determinaron respectivamente por los métodos: Microkjeldahl AOAC, 1980; Peso constante, AOAC. 1980 y mediante un potenciómetro marca HANNA Instruments 8417, a lo largo de todo el proceso (Ferrer *et al.*, 1997).

Número de colonias de hongos y bacterias: El conteo de bacterias se realizó en agar nutritivo, y el medio de cultivo utilizado para el conteo de los hongos fue agar extracto de malta. Las temperaturas y duración de incubación fueron de: 37°C por 24 horas y 30°C durante 7 días; respectivamente, para bacterias y hongos. El contaje de colonias, se realizó por contaje directo placa vertida, con un contador de colonias Darkfield Québec AO American Optical (Ferrer *et al.*, 1993). Todos los análisis se realizaron por duplicado.

Análisis Estadístico: El diseño estadístico consistió en evaluar el efecto producido por dos o más factores mediante un diseño factorial de dos factores, (flujo de aire y tiempo de aireación) y variables de respuesta (carbono, nitrógeno y relación C/N). Los efectos principales (flujo de aire y aireación) y su interacción sobre el contenido de nitrógeno, carbono y la relación C/N del abono orgánico se evalua-

potentiometer mark HANNA Instruments 8417, throughout the process, respectively (Ferrer *et al.*, 1997).

Number of fungi and bacteria colonies: The bacteria count was done in nutritive agar, and the crop medium used for fungi count was malt extract agar. Temperatures and incubation time were: 37°C during 24 hours and 30°C during 7 days; respectively, for bacteria and fungi. The colonies count was accomplished by direct count in plate with a colony counter Darkfield Québec AO American Optical (Ferrer *et al.*, 1993). All the analysis were carried out by duplicate.

Statistical analysis: The statistical design consisted in evaluating the effect produced by two or more factors thorough a bi-factorial design, because there are only aeration time) and response variables (carbon, nitrogen and C/N relationship). The main effects (air flux and aeration) and its interaction on nitrogen and carbon content and C/N relationship of organic manure were evaluated through the variance analysis ($\alpha=0.05$) (Montgomery, 1991; SAS, 1987). The rest of parameters (moisture, temperature, pH and microbial population) did not taken as response variables because they are considered important variables of process control, since they defines the product quality obtained like soil conditioner.

Results and discussion

The results of chemical and microbiological characterization of

ron a través del análisis de varianza ($\alpha=0,05$) (Montgomery, 1991; SAS, 1987). Los demás parámetros (humedad, temperatura, pH y población microbiana) no se tomaron como variables de repuesta ya que se consideraran variables de control del proceso, de gran importancia ya que definen la calidad del producto obtenido como acondicionador de suelos.

Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización química y microbiológica del desecho de uva variedad *Malvasia Istria*, secado al sol, se muestran en el cuadro 1. El contenido de humedad del producto seco fue del 10%, para evitar el crecimiento descontrolado de la flora microbiana. La carga microbiana inicial se observa en el cuadro 1; estos valores demuestran que el número de microorganismos presentes en el bagazo de uva es inoculo suficiente para llevar a cabo el proceso de compostaje de una forma natural (Ferrer *et al.*, 1993).

El contenido de humedad en la mezcla de compostaje es una variable importante para el desarrollo 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). El contenido de humedad mantenido durante el proceso de compostaje para los diferentes flujos de aire y tiempos de aireación en estudio, se mantuvo en un rango del 30 al 60%, valores adecuados para la biodegradación (Bertran *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2004). Trabajos

grape waste *Malvasia Istria* variety, sun-dried, are shown in table 1. The moisture content of dry product was 10%, to avoid the out of control of microbial flora growth. The initial microbial charge is observed in table 1; these values shown that the number of microorganisms presents in grape bagasee is the enough inoculum to carry out the composting process in a natural way (Ferrer *et al.*, 1993).

The moisture content in composting mixing is an important variable for the microbial development because this is the transport and dissolution medium of those nutrients required for development of metabolic and physiological activities of microorganisms (Kulcu and Yadiz, 2004). The moisture content kept during composting process for different air fluxes and aeration times studied, remained within a rank of 30 to 60%, values adequate for biodegradation (Bertran *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2004). As reported by previous researchers, without different types of wastes and organic materials shown moisture values that varies between 22.52% to 73.56% for grape (Botella *et al.*, 2007; Ferrer *et al.*, 1997), for wheat straw and waste water from tomato processing compost (Vallini *et al.*, 1983), and grape rachis compost (Bertran *et al.*, 2004). The moisture maximum content for satisfactory aerobic compost could vary with used materials (Bertran *et al.*, 2004).

Grape waste pH was 4.12; value adequate for fungi and bacteria development in aerobic environment

Cuadro 1. Caracterización Química y Microbiológica del Desecho de Uva Secado al Sol.**Table 1. Chemical and microbiological characterization of sun dried grape waste .**

Parámetros del bagazo de uva	
pH	4,12
Humedad (%)	10
Nitrógeno (%) ¹	2,18
Carbono (%) ¹	50,18
Relación C/N	23,02
Contaje de hongos (UFC/mL de muestra)	2,8x10 ⁵
Contaje de bacterias (UFC/mL de muestra)	7,2x10 ⁵

¹Peso en base seca

realizados por otros investigadores, con diferentes tipos de desechos y materiales orgánicos 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).

El pH del desecho de uva fue 4,12; valor adecuado para el desarrollo de hongos y bacterias en ambiente aeróbico en un compostaje eficiente (Parr y Wilson, 1992; Rau *et al.*, 1989). Los resultados de pH obtenidos durante el proceso del compostaje para los flujos de aire de 30, 50, 80 y 140 L.min⁻¹, y tiempos de aireación de 2 y 3 horas se muestran en los cuadros 2 y 3, estos resultados evidencian valores de pH ácidos para los primeros 5

in an efficient composting (Parr and Wilson, 1992; Rau *et al.*, 1989). Results of pH obtained during the compost process for air fluxes of 30, 50, 80 and 140 L.min⁻¹, and aeration times of 2 and 3 hours are shown in tables 2 and 3; these results shows pH acid values for the first 5 to 6 aeration days and increased toward the last ones.

pH increase could be responsible of the organic acids loss, through volatilization (high temperatures), and ammonium release by the microbial decomposition effect (Ferrer *et al.*, 1994). According to Bertran *et al.* (2004), pH shows an important effect on microbial population. In the first pH stages composting is acid because the organic acids production, but after pH increases as a result of protein decomposition, a process in which ammonium is released. pH behavior observed in this study has been published by other researchers by using different substrates in process. Vallini *et al.* (2007), reported

Cuadro 2. Variación del pH para los flujos de aire de 30 L.min⁻¹ y 50 L.min⁻¹ y para los tiempos de aireación de 2 horas y 3 horas.

Table 2. pH variation for air fluxes of 30 L.min⁻¹ and 50 L.min⁻¹ and for aeration times of 2 and 3 hours.

Días	Valores de pH ¹							
	30 L.min ⁻¹				50 L.min ⁻¹			
	2 Hrs.	EEM ²	3 Hrs.	EEM ²	2 Hrs.	EEM ²	3 Hrs.	EEM ²
1	4,20	0,087	4,08	0,040	4,20	0,326	4,6	0,0577
2	4,42	0,092	4,31	0,032	4,50	0,116	4,5	0,115
3	5,39	0,075	5,80	0,130	4,90	0,058	5,8	0,152
4	6,58	0,036	6,16	0,009	6,90	0,058	7,6	0,071
5	6,83	0,045	6,42	0,036	7,10	0,000	7,8	0,009
6	7,37	0,009	6,55	0,100	7,00	0,058	8	0,009
7	7,56	0,015	6,77	0,042	7,10	0,058	7,51	0,0115
8	7,78	0,021	6,80	0,041	7,310	0,025	8,3	0,0578
9	7,34	0,069	6,96	0,048	7,40	0,058	8,45	0,0305
10	7,37	0,058	7,15	0,039	7,30	0,015	8,2	0,0152
11	7,60	0,006	7,10	0,050	7,44	0,025	8,35	0,009
12	7,78	0,075	7,20	0,049	7,40	0,289	8,36	0,0152
13	7,83	0,040	7,17	0,015	8,00	0,129	8,44	0,0152
14	7,63	0,019	7,33	0,046	8,10	0,000	8,49	0,0231
15	7,72	0,029	7,34	0,044	8,13	0,009	8,41	0,0577

¹Promedio de tres repeticiones, n = 3

²Error estándar de la media.

a 6 días de aireación e incrementó hacia los últimos días.

El incremento del pH puede ser responsable de pérdida de ácidos orgánicos, a través de la volatilización (altas temperaturas), y liberación de amoníaco por efecto de la descomposición microbiana (Ferrer *et al.*, 1994). Según Bertran *et al.*, (2004), el pH marca un importante efecto en la población microbiana. En las primeras etapas de compostaje el pH es ácido a causa de la producción de ácidos orgánicos, pero después el pH aumenta re-

characteristics of different manures, among them, those made in base of wheat straw and waste water from tomato processing, being obtained a final pH of 7.7, and other in base of olive peel with a final pH of 6.5 to 7. Both manures were done with aeration by the pile turn. Ferrer *et al.* (1997) reported a final pH value for grape bagasse manure of 7.94, carried out by the pile turn and for the coffee pulp (Ferrer *et al.*, 1994) of 9.4 through forced convection and of 9.6 through free convection.

Cuadro 3. Variación del pH para los flujos de aire 80 L.min⁻¹ y 140 L.min⁻¹ y para los tiempos de aireación de 2 horas y 3 horas.

Table 3. pH variation for air fluxes 80 L.min⁻¹ and 140 L.min⁻¹ and for the aeration times of 2 and 3 hours.

Días	Valores de pH ¹							
	80 L.min ⁻¹				140 L.min ⁻¹			
	2 Hrs.	EEM ²	3 Hrs.	EEM ²	2 Hrs.	EEM ²	3 Hrs.	EEM ²
1	3,4	0,000	4,10	0,100	4,24	0,032	4,16	0,015
2	3,7	0,058	4,20	0,000	4,35	0,0057	4,07	0,073
3	4,5	0,029	4,60	0,010	4,66	0,019	4,29	0,067
4	6,2	0,000	5,60	0,100	6,57	0,040	5,05	0,172
5	6,9	0,058	6,60	0,000	6,82	0,017	5,96	0,059
6	7,4	0,058	6,90	0,100	6,82	0,012	6,26	0,023
7	7,2	0,000	7,08	0,062	7,36	0,021	6,49	0,038
8	7,5	0,058	7,17	0,010	7,24	0,017	6,56	0,006
9	7,9	0,120	7,00	0,140	7,12	0,0057	6,69	0,012
10	7,9	0,098	7,11	0,044	6,39	0,021	6,71	0,009
11	7,9	0,000	7,10	0,170	7,39	0,021	6,86	0,021
12	7,9	0,120	7,45	0,066	7,2	0,015	6,97	0,025
13	7,9	0,120	7,40	0,049	7,25	0,0099	7,02	0,015
14	7,9	0,098	7,67	0,070	7,3	0,031	7,07	0,009
15	7,9	0,000	8,20	0,100	7,93	0,085	7,34	0,006

¹Promedio de tres repeticiones, n = 3

² Error estándar de la media.

sultado de la descomposición de las proteínas proceso en el cual se libera amonio. El comportamiento del pH observado en este estudio ha sido publicado por otros investigadores usando diferentes sustratos en el proceso. Vallini *et al.*, (2007), reportaron características de diversos abonos, entre los cuales se encuentran el elaborado a base de paja de trigo y de agua de desecho del procesamiento del tomate, para el cual se obtuvo un pH final de 7,7, y otro a base de cáscara de oliva con un pH final de 6,5 a 7. Ambos abo-

Tables 4 and 5 shows the fungi and bacteria count for the different air fluxes and aeration times at the end of process. The microbial count (UFC) was lower once composting finished. This observation is common and could be caused by biotic factors (protozoa activity waste) or aerobic factors like the UV irradiation (Li *et al.*, 2004). In all the cases, the pH intervals adequate for aerobic microorganism's development, responsible of biodegradation was reached, being pH optimum for fungi

nos fueron realizados con aireación por volteo de las pilas. Ferrer *et al.*, (1997) reportaron un valor de pH final para un abono elaborado a base de bagazo de uva de 7,94, realizado por el método del volteo de la pila y para la pulpa de café (Ferrer *et al.*, 1994) de 9,4 mediante convección forzada y de 9,6 mediante convección libre.

En los cuadros 4 y 5, se muestra el conteo de hongos y bacterias para los diferentes flujos de aire y tiempos de aireación al final del proceso. El conteo microbiano (UFC) fue menor finalizado el compostaje. Esta observación es común y puede ser causado por factores bióticos (actividad de protozoarios en el desecho) o factores abióticos como la irradiación UV (Li *et al.*, 2004). En todos los casos, se alcanzaron los intervalos de pH adecuados para el desarrollo de los microorganismos aeróbicos encargados de la biodegradación, siendo el pH óptimo para los hongos entre 5-8 y para las bacterias entre 6-7,5.

between 5-8 and for bacteria between 6-7.5.

The microbiological count of composted material shows that the heterogeneous microorganism's population, is present in its resistance way to drastic substrate absence conditions (Botella *et al.*, 2007).

Tables 6 and 7 shown temperature parameter, which increased from initial temperature between 23°C and 27°C to maximum values of 37.6°C to 52°C, for after decrease until values between 25°C and 35°C, keeping constant to the end of process. These temperatures are within the optimum temperatures interval of 45-55°C reported by Cayuela *et al.* (2006). Temperature increase is a development indicator of a microbial activity (Cayuela *et al.*, 2006; Kulcu and Yadiz, 2004) in an aerobic process and is determined by the reaction heat involved in biochemical reactions carried out (Rau *et al.*, 1989, Slobodanka *et al.*,

Cuadro 4. Contaje de Hongos (UFM¹.mL⁻¹ muestra) al final del Proceso de Compostaje.

Table 4. Fungi count (UFM¹.mL⁻¹ sample) at the end of Composting Process.

Flujos de Aireación (L.min ⁻¹)	UFM para 2 horas de aireación ²	EEM ³	UFM para 3 horas de aireación ²	EEM ³
30	20x10 ⁶	1x10 ⁶	1,86x10 ⁵	6,4x10 ⁶
50	7,5x10 ⁶	7x10 ⁶	1,21x10 ⁵	6,4x10 ⁶
80	13,5x10 ⁶	1,5x10 ⁶	1,78x10 ⁵	7x10 ⁵
140	15x10 ⁶	5x10 ⁵	8,9x10 ⁶	3x10 ⁵

¹Unidades Formadoras de Colonias; ²Promedio de dos repeticiones; ³Error estándar de la media.

Cuadro 5. Contaje de Bacterias (UFM¹.mL⁻¹ muestra) al final del Proceso de Compostaje.**Table 5. Bacteria count (UFM¹.mL⁻¹ sample) at the end of Composting Process**

Flujos de Aireación (L.min ⁻¹)	UFM para 2 horas de aireación ²	EEM ³	UFM para 3 horas de aireación ²	EEM ³
30	6,8x10 ⁵	12,99x10 ⁶	24x10 ⁶	1x10 ⁶
50	1,9x10 ⁵	4x10 ⁶	28,3x10 ⁶	6,3x10 ⁶
80	4,0x10 ⁵	5x10 ⁶	25x10 ⁶	4x10 ⁵
140	6,5x10 ⁵	5x10 ⁵	22x10 ⁶	6x10 ⁵

¹Unidades Formadoras de Colonias; ²Promedio de dos repeticiones; ³Error estándar de la media.

El conteo microbiológico del material compostado indica que la población heterogénea de microorganismos, se encuentra en su forma de resistencia a condiciones drásticas de falta de sustrato (Botella *et al.*, 2007).

En los cuadros 6 y 7 se presenta el parámetro temperatura, el cual experimentó un incremento desde la temperatura inicial entre 23°C y 27°C, hasta valores máximos de 37,6°C a 52°C, para luego descender a valores comprendidos entre 25°C y 35°C, manteniéndose aproximadamente constante hasta el final del proceso. Estas temperaturas se encuentran en el intervalo de temperaturas óptimas de 45-55°C señalado por Cayuela *et al.*, (2006). El incremento de temperatura es un indicador del desarrollo de un actividad microbiana (Cayuela *et al.*, 2006; Kulcu y Yadiz, 2004) en un proceso aeróbico y esta determinado por el calor de reacción involucrado en las reacciones bioquímicas que se

1991, Stredansky and Conti, 1999; Smidt and Lechner, 2005). The high temperatures obtained during composting process for different air fluxes reduce risk of pathogen microbial growth (Smidt and Lechner, 2005).

Temperatures of 35 to 55°C interval are considered like optimum for achieving the pathogen, parasites and weeds elimination. Vlyssides *et al.* (1996) reported temperature values between 45 and 65°C for the composting of solid residues and olive oil. Ferrer *et al.* (1994) during the grape wastes composting, publish increases of temperatures until 54.7°C and temperatures maintaining above 40°C during 25 processing days. In this study it was obvious that the increase of air flux permitted to reach the higher temperatures in material, but the microbiological safety of organic manure was guaranteed for its later application.

Nitrogen content at the

Cuadro 6. Variación de temperatura para los flujos de aire de 30 L.min⁻¹ y 50 L.min⁻¹ y para los tiempos de aireación de 2 horas y 3 horas.**Table 6. Temperature variation for air fluxes of 30 L.min⁻¹ and 50 L.min⁻¹ and for aeration times of 2 and 3 hours.**

Días	Valores de temperatura (°C) ¹							
	30 L.min ⁻¹				50 L.min ⁻¹			
	2 Hrs.	EEM2	3 Hrs.	EEM2	2 Hrs.	EEM2	3 Hrs.	EEM2
1	24	0,220	24	0.29	26	0,186	27	0,264
2	25	0,289	27	0.62	41	0,697	27	0,276
3	36	0,601	34.81	0.29	41	0,882	40	0,373
4	42	0,514	39.5	0.51	40	0,344	46	0,862
5	44	0,712	41.06	0.29	40	0,344	38	0,373
6	45	0,540	41.69	0.37	37	0,471	37	1,607
7	37	0,204	41.89	0.56	35	0,250	37.7	0,589
8	40	0,373	31.20	0.29	32	0,204	38.5	0,917
9	37	0,167	30.77	0.69	34	0,289	37.4	0,455
10	37	0,167	29.3	0.35	31	0,527	34.3	0,603
11	38	0,300	28.51	0.39	29	0,204	32.38	0,214
12	37	0,344	28.06	0.39	28	0,167	30.22	0,253
13	37	0,464	29.2	0.33	28	0,204	32.7	0,281
14	36	0,144	27.5	0.37	29	0,083	30.7	0,532
15	35	0,083	27	0.67	28	0,144	31.3	0,311

¹Promedio de tres repeticiones, n = 3²Error estándar de la media.

llevan a cabo (Rau *et al.*, 1989, Slobodanka *et al.*, 1991, Stredansky y Conti, 1999; Smidt y Lechner, 2005). Las altas temperaturas obtenidas durante el proceso de compostaje para los diferentes flujos de aire reducen el riesgo de crecimiento microbiano patógeno (Smidt y Lechner, 2005).

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo de 35 a 55°C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de mala hierba. Vlyssides *et al.*, (1996)

beginning of composting was 2.18 become higher at the end of process until values between 2.58 and 3.43, for the different air fluxes and aeration times established. This increase is caused by the nitrogen used by microorganisms to sensitize the cellular protoplasm, and at the moment of death, the recycle nitrogen concentration during process, the nutrients and fertilizers conservation is achieved in final compost (Ferrer *et al.*, 1993). Cayuela *et al.* (2006)

Cuadro 7. Variación de la temperatura para los flujos de aire de 80 L.min⁻¹ y 140 L.min⁻¹ y para los tiempos de aireación de 2 horas y 3 horas.

Table 7. Temperature variation for air fluxes of 80 L.min⁻¹ and 140 L.min⁻¹ and for the aeration times of 2 and 3 hours.

Días	Valores de temperatura (°C) ¹							
	80 L.min ⁻¹				140 L.min ⁻¹			
	2 Hrs.	EEM2	3 Hrs.	EEM2	2 Hrs.	EEM2	3 Hrs.	EEM2
1	23	0,83	26	0,33	23,7	0,153	23	0,29
2	24	0,53	27	0,47	26,7	0,121	23	0,47
3	34	0,73	40	0,69	37,5	0,256	25	0,37
4	37	0,58	40	0,69	37,6	0,298	29,3	0,48
5	46	0,78	40	0,33	30,17	0,167	33,70	0,37
6	48	1,37	41	0,44	32	0,227	34,74	0,55
7	52	0,58	41	0,29	28	0,687	35,65	0,46
8	48	0,83	43	0,37	30,25	0,283	45,39	0,44
9	37	0,33	34	0,37	31,3	0,260	45,38	0,43
10	32	0,57	37	0,33	35,3	0,283	46,25	0,26
11	30	0,50	35	0,47	36,7	0,157	35,48	0,43
12	30	0,50	34	0,62	34,6	0,194	29,27	0,34
13	30	0,50	32	0,41	27,2	0,437	28,30	0,26
14	30	0,50	29	0,41	26	0,343	25	0,24
15	30	0,50	29	0,50	25,4	0,163	25	0,37

¹Promedio de tres repeticiones, n = 3.

²Error estándar de la media.

reportaron valores de temperatura comprendidos entre 45°C y 65°C para el compostaje de residuos sólidos y aceite de oliva. Ferrer *et al.*, (1994) durante el compostaje de desechos de uva, publican incrementos de temperaturas hasta 54,7°C y el mantenimiento de temperaturas por encima de 40°C durante 25 días de procesamiento. En este estudio se evidenció que el incremento del flujo de aire no permitió alcanzar las temperaturas más elevadas en el material, pero si

establish that losses by N volatilization as NH₃ are common when composting temperatures are so high (higher than 90°C) likewise very alkaline pH (from 7 to 9) could to induce these losses. In this study, temperatures were not too high like to cause nitrogen volatilization; besides, recent studies (Kulcu and Yadiz, 2004; Li *et al.*, 2004) shows that a useful strategy to control these losses is to keep the medium acidity during composting.

se garantizó la seguridad microbiológica del abono orgánico para su posterior aplicación.

El contenido del nitrógeno al inicio del compostaje fue de 2,18 aumentando al final del proceso hasta valores comprendidos entre 2,58 y 3,43, para los diferentes flujos de aire y tiempos de aireación establecidos. 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 y fertilizantes en el compost final (Ferrer *et al.*, 1993). Cayuela *et al.*, (2006) señala que las pérdidas por volatilización de N como NH_3 son comunes cuando las temperaturas de compostaje son muy elevadas (mayores a 90°C) así mismo los pH muy alcalinos (de 7 a 9) pueden inducir estas pérdidas. En este estudio las temperaturas no fueron demasiado altas como para provocar la volatilización del nitrógeno, adicionalmente estudios recientes (Kulcu y Yadiz, 2004; Li *et al.*, 2004) indican que una estrategia útil para controlar estas pérdidas es mantener la acidez del medio durante el compostaje.

El análisis de varianza aplicado a los resultados del contenido de nitrógeno, se presenta en el cuadro 8; se observó que son significativos los efectos principales del tipo de flujo de aire empleado y de los tiempos de aireación sobre el contenido de nitrógeno en el compost obtenido, además, de este análisis se concluye que no existió interacción entre el flujo de aire y los tiempos de aireación.

The analysis of variance applied to this results of nitrogen content is shown in table 8; it was observed that the main effects of the air flux type used and the aeration times on the nitrogen content in the obtained compost are significant, besides, it is possible to conclude that there was no interaction between the air flux and aeration times.

The effects caused by the air flux and the aeration times on the nitrogen content were significant and because of it, individual comparisons between means were carried out to discover specific differences through the Duncan multiple intervals test (Montgomery, 1991); the results obtained showed that for the aeration time fixed in two hours there was a significant difference in the nitrogen content when the air flux varied, however, this not happened between the fluxes of $50 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ and $140 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. When making comparison of nitrogen content for the different air fluxes and aeration times fixed in three hours, the same behavior was observed.

Duncan essay was also carried out by fixing each air flux and nitrogen content obtained for time 2 and 3 hours was compared, there only was a significant effect caused by the aeration times on the nitrogen content, for the flux fixed to $80 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

In relation to nitrogen levels reached, in table 9 it is possible to appreciate that those higher correspond to fluxes of 50 and $140 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, but there was not significant difference in nitrogen content correspondent to these two fluxes, therefore, at the moment of selecting the more convenient to carry out a

Cuadro 8. Análisis de Varianza para el contenido de N en el Abono Orgánico obtenido.**Table 8. Analysis of variance for the N content in the organic manure obtained**

Fuente de Variación	gl	SC	CM	F ₀
Flujo de aire (L.min ⁻¹)	3	2,39	0,797	225,04
Tiempo de aireación (Horas)	1	0,089	0,089	28,48
Interacción flujo de aire-tiempo de aireación	3	0,011	0,00367	1,174
Error	16	0,05	0,0031	
Total	23	2,54		

$$F_{0,05, 3, 16} = 3,24; F_{0,05, 1, 16} = 4,49$$

gl= Grado de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrado medio

Debido a que resultaron significativos los efectos causados por el flujo de aire y el tiempo de aireación por sí solos sobre el contenido de nitrógeno, fue de interés llevar a cabo comparaciones individuales entre las medias de un renglón para descubrir diferencias específicas mediante la aplicación de la prueba de intervalos múltiples de Duncan (Montgomery, 1991), los resultados obtenidos cuadro 9 revelaron que para el tiempo de aireación fijado en dos horas hubo diferencia significativa en el contenido de nitrógeno al variar el flujo de aire, sin embargo, esto no ocurrió entre los flujos de 50 L.min⁻¹ y 140 L.min⁻¹. Al realizar la comparación del contenido de nitrógeno para los diferentes flujos de aire y tiempo de aireación fijado en tres horas se observó el mismo comportamiento.

El ensayo de Duncan fue realizado también fijando cada flujo de aire y comparando el contenido de nitrógeno obtenido para el tiempo de 2 y 3 horas,

composting process under this study conditions, that of 50 L.min⁻¹ would be selected. When fixing a flux of 50 L.min⁻¹, there were not significant differences in nitrogen content for times of 2 and 3 hours, resulting more convenient the selection of 2 hours aeration time, because it implies little functioning time of compressor, and subsequently, little energy expense.

Ferrer *et al.* (1997), obtained nitrogen content values in coffee pulp composting of 2.99 through forced convection (removed) and of 3.23 through free convection (air); these values were considered ideal for using composting material like crop soil conditioner. Zmora *et al.* (2007) say that 2.72% of N in composting mainly done with grapes bagasee. Inbar *et al.* (1991), obtained values of nitrogen content in grape bagasee composting through air runs method (Windrow) of 3.4% at the beginning and 4.2% at the end of process. Vallini *et al.* (1983), published values of nitrogen content

donde sólo hubo un efecto significativo causado por los tiempos de aireación sobre el contenido de nitrógeno, para el flujo de 80 L.min⁻¹ fijado.

En cuanto a los niveles de nitrógeno alcanzados, puede apreciarse en el cuadro 9 que los más elevados corresponden a los flujos de 50 y 140 L.min⁻¹, pero como no hay diferencia significativa en el contenido de nitrógeno correspondiente a estos dos flujos, al momento de seleccionar el más conveniente para llevar a cabo un proceso de compostaje bajo las condiciones específicas señaladas en este estudio, se seleccionaría el de 50 L.min⁻¹. Del mismo modo, al fijar el flujo de 50 L.min⁻¹, no existieron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno para los tiempos de 2 y 3 horas, resultando más conveniente la selección del tiempo de aireación de 2 horas, ya que implica menor tiempo de funcionamiento del compresor, y por consiguiente, menos gasto de energía.

Ferrer *et al.*, (1997), obtuvieron valores de contenido de nitrógeno en compostaje de pulpa de café de 2,99 mediante convección forzada (remo-

in organic manure based on wheat straw and waste water from tomato processing of 1.5% at the end of process and also in manure prepared from olive peel with an initial value between 1.2% and 1.5% and in final manure of 2% to 2.5%. Lawson and Kelling (1998), being obtained nitrogen values in manure obtained, from poultry carcass in aerobic conditions of 2.32%. Zaccheo and Genevini (1993), found nitrogen content of 2.52% for manure based on rye straw, accomplished in aerobic conditions. Gigliotti *et al.* (1997) obtaining 1.9% of nitrogen content from local garbage manure in aerobic conditions. The nitrogen content values obtained in this study are adequate for getting high quality manure.

The carbon content at the beginning was 50.18%, decreasing at the end of process until values between 40.56% and 47.29%, for the different air fluxes and aeration times established. These values are similar to those found by Zmora *et al.* (2007) who establish a mean content of

Cuadro 9. Contenido de Nitrógeno en el Abono Orgánico.

Table 9. Nitrogen content in the organic manure.

Flujo de Aire (L.min ⁻¹)	Tiempo de Aireación (Horas)	
	2 Horas	3 Horas
30	2,58 _c	2,67 _c
50	3,34 _a	3,43 _a
80	2,74 _b	2,95 _b
140	3,26 _a	3,35 _a

Letras diferentes en columnas significan diferencias estadísticas para $\alpha=0,05$

vida) y de 3,23 mediante convección libre (aireada); estos valores fueron considerados ideales para el uso del material compostado como acondicionador de suelos de cultivo. 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. Vallini *et al.*, (1983), publicaron valores del contenido de nitrógeno en el abono orgánico a base de mezcla de paja de trigo y agua de desecho del procesamiento de tomate de 1,5% al final del proceso y también en el abono realizado a base de cáscara de oliva con un valor inicial de comprendido entre 1,2% y 1,5% y en el abono final del 2% al 2,5%. Lawson y Kelling, (1998), obtuvieron valores de nitrógeno en el abono obtenido, realizado a base de carcasa de aves en condiciones aeróbicas de 2,32%. Zaccheo y Genevini, (1993), encontraron un contenido de nitrógeno de 2,52% para un abono a base de paja de centeno realizado en condiciones aeróbicas. Gigliotti *et al.*, (1997), obtuvieron un contenido de nitrógeno de 1,9% en un abono elaborado con desecho de basura municipal en condiciones aeróbicas. Los valores de contenido de nitrógeno obtenidos en este estudio son adecuados para la obtención de un abono de buena calidad.

El contenido de carbono al inicio fue de 50,18%, disminuyendo al final del proceso hasta valores comprendidos entre 40,56% y 47,29%, para los diferentes flujos de aire y

42.2% for composting mainly obtained from grape bagasee. Decrease on C content is related to degradation process that carbon suffer during composting; according Trois and Polster (2007) during composting, a high part of carbon is biologically degraded by producing CO₂ that is removed and it is used by microorganisms for its growth. On the other hand, Cayuela *et al.* (2006) establish that a decrease is produced until 40% of initial nitrogen content when it is done by forced aeration which is related to organic degradation during composting.

The analysis of variance applied to results of carbon content is shown in table 11; it was observed that the main effects of flux type used and the aeration times are not significant on the carbon content in the organic manure obtained, also, from this analysis it is possible to conclude that there was not interaction between the air flux and the aeration times.

Zaccheo and Genevini, (2007), obtained a value of carbon content of 36.50% for rye straw organic manure Zmora *et al.* (2007) established a mean carbon value of 42.2% for manures obtained from grape bagasee as a main component. Lawson and Kelling, (1991), found a carbon content of 51.6% for organic manure from poultry carcass. Ferrer *et al.* (1997) published carbon values of 37.72% for grape bagasee organic manure through pile turn aeration; they also report carbon contents of 26.4% for coffee pulp organic manure (Ferrer *et al.*, 1994) (mechanical convection and of 31.10% (free convection).

tiempos de aireación establecidos. Estos valores son similares a los indicados por Zmora *et al.*, (2007) quienes señalan un contenido promedio de 42,2% para compostaje realizado principalmente de orujo de uvas que se observan en el cuadro 10. La disminución del contenido de C esta 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. Por otro lado Cayuela *et al.*, (2006) indican que se produce una disminución de hasta un 40% del contenido inicial de nitrógeno cuando el compostaje se realiza por aireación forzada lo cual se relaciona con la degradación orgánica que ocurre durante el compostaje.

El análisis de varianza aplicado a los resultados del contenido de carbono, se presentan en el cuadro 11; se observó que no son significativos los efectos principales del tipo de flujo empleado y de los tiempos de aireación sobre el contenido de carbono en el abono orgánico obtenido, además, de este análisis se concluye que no existió interacción entre el flujo de aire y los tiempos de aireación.

Zaccheo y Genevini, (2007), obtuvieron un valor de contenido de carbono cuadro 11 para un abono orgánico a base de paja de centeno igual a 36,50%.; Zmora *et al.*, (2007) indican un valor promedio de carbono igual a 42,2% para abonos obtenidos de orujo de uvas como componente mayoritario. Lawson y Kelling, (1991), en-

Results of carbon contents (table 10), are within carbon values published in composting (26.4%-51.6%), differences observed are related to composition of origin from composting studied, because the origin and composition of ingredients used determined its physicochemical quality (Zmora *et al.*, 2007)

The initial C/N relationship was 23.02, decreasing at the end of process until values between 13.13 and 17.03, which is caused by the reduction of carbon percentage and the increase of nitrogen percentage throughout the process.

The analysis of variance applied to results of C/N relationship is shown in table 13; where the main effect of air flux type was significant on the C/N relationship of organic manure obtained, however, the effect of aeration time on this relationship was no significant. Also, it is possible to establish that there was no interaction between the air flux and the aeration times.

To distinguish the effects caused by the types of aeration fluxes in the C/N relationship was necessary to accomplish individual comparisons between means through the Duncan multiple intervals test -results shown in table 13; the aeration time of 2 hours, there was not significant differences in the C/N relationship when changing the air flux, between 30 L.min⁻¹ and 80 L.min⁻¹; fluxes, between 80 L.min⁻¹ and 140 L.min⁻¹ and between 140 L.min⁻¹ and 50 L.min⁻¹ fluxes. When comparisons of C/N relationship are done for the different air fluxes and the aeration time fixed in three hours, there was

contraron un contenido de carbono para un abono orgánico a base de carcasa de aves de 51,6%. Ferrer *et al.*, (1997), publicaron valores de carbono para un abono orgánico a base de bagazo de uva mediante aireación por volteo de la pila de 37,72%, también señalaron valores de contenido de carbono para el abono orgánico de pulpa de café (Ferrer *et al.*, 1994) de 26,4% (convección mecánica) y de 31,10% (convección libre).

Los resultados de contenido de carbono (cuadro 10), se encuentran dentro de los valores de carbono publicados en los compostajes correspondientes a estos casos citados (26,4% - 51,6%), las diferencias observadas están relacionadas con la composición de origen del compostaje estudiado, ya que tanto el origen y composición de los ingredientes usados en su realización determinan su calidad fisicoquímica (Zmora *et al.*, 2007)

La relación C/N inicial, fue de 23,02, disminuyendo al final del proceso hasta valores comprendidos entre 13,13 y 17,03, esto se debe al descenso del porcentaje de carbono y al

not significant differences when varying the air flux of 80 L.min⁻¹ and 30 L.min⁻¹, and between 30 L.min⁻¹ and 140 L.min⁻¹.

In relation to the C/N relationship reached, it could be appreciated in table 12 that the lower relationships belongs to the air fluxes of 50 L.min⁻¹ and 140 L.min⁻¹; also, when fixing these air fluxes could be observed that there was no a significant effect caused by the aeration times of two and three hours on the carbon content, at the moment of selecting aeration time, to accomplish a composting process under specific conditions of this study, the aeration time of two hours is selected, because it needs lower time on compressor functioning and thus, lower energy consumption. There was no significant difference in C/N relationship when varying from 50 L.min⁻¹ to 140 L.min⁻¹ for the time of two hours, subsequently, at the moment of selecting the more convenient air flux for accomplish the composting process, the air flux of 50 L.min⁻¹ would be selected.

Cuadro 10. Contenido de Carbono en el Abono Orgánico.

Table 10. Carbon content in the organic manure.

Flujos de Aire (L.min ⁻¹)	Tiempo de Aireación (Horas)	
	2 Horas	3 Horas
30	43,9	40,56
50	43,83	46,15
80	44,54	45,65
140	47,29	44,84

Letras diferentes significan diferencias significativas para $\alpha=0,05$

incremento del porcentaje de nitrógeno a lo largo del proceso cuadro 12.

El análisis de varianza aplicado a los resultados de la relación C/N, se presenta en el cuadro 13; donde se observó que fue significativo el efecto principal del tipo de flujo de aire sobre la relación C/N del abono orgánico obtenido, sin embargo, no fue significativo el efecto del tiempo de aireación sobre esta relación. Además, se infirió que no existe interacción entre el flujo de aire y los tiempos de aireación.

Para distinguir los efectos causados por los tipos de flujo de aire en la relación C/N fue necesario llevar a cabo comparaciones individuales entre las medias de un renglón mediante la prueba de intervalos múltiples de Duncan, cuyos resultados se muestran en el cuadro 13, revelando que para el tiempo de aireación fijado en dos horas, no hubo diferencias significativas en la relación C/N al variar el flujo de aire, entre los flujos de 30 L.min⁻¹ y 80 L.min⁻¹; entre 80 L.min⁻¹ y 140 L.min⁻¹ y entre 140 L.min⁻¹ y 50 L.min⁻¹. Al realizar las comparaciones de la relación C/N para los diferentes flujos de aire y el tiempo de aireación fijado en tres horas, se observó que no hubo diferencias significativas al variar el flujo de aire entre los flujos de 80 L.min⁻¹ y 30 L.min⁻¹, y entre 30 L.min⁻¹ y 140 L.min⁻¹.

En cuanto a la relación C/N alcanzada, pudo apreciarse en el cuadro 12 que las relaciones más bajas pertenecen a los flujos de aire de 50 L.min⁻¹ y 140 L.min⁻¹; además, al fijar dichos flujos de aire pudo observarse que no hay un efecto significativo causado por los tiempos de aireación de

Inbar *et al.* (1991) obtained a C/N relationship of 25.8 at the beginning and 19.9 at the end of composting of grape bagasee through the air runs method. Vallini *et al.* (1983) found a C/N relationship of 13.7 for the wheat straw organic manure and waste water from tomato processing; and a C/N relationship of 0.23 for the organic manure from olive peel. Zmora *et al.* (2007) showed mean values of 5.6 for C/N in manures done with grape bagasee as main component. Zaccheo and Genevini (1993), obtained a C/N relationship of 14.48 in the local garbage organic manure in aerobic conditions. Gigliotti *et al.* (1997) found a C/N relationship of 14.4 for the local garbage organic manure in aerobic conditions.

Conclusions

The air flux used and the aeration times affect the nitrogen content in the organic manure obtained, however, the effect caused by the air flux on the nitrogen content did not depend on the aeration time selected.

The air flux used affected the C/N relationship in the organic manure obtained, being the contrary for the aeration time on the C/N relationship, nevertheless, the effect caused by the air flux on the C/N relationship did not depend on the aeration time selected.

Between air fluxes and aeration times, the conditions of 50 L.min⁻¹ and the aeration times of 2 hours, guarantee the obtaining of organic manure with a minimum of energy expense.

Recommendation

The fermentation process has to be carried out at 50 L.min⁻¹ with the

Cuadro 11. Análisis de Varianza para el contenido de C en el Abono Orgánico obtenido.**Table 11. Analysis of variance for the C content in the organic manure obtained.**

Fuente de Variación	gl	SC	CM	F ₀
Flujo de aire (L.min ⁻¹)	3	56,92	18,97	1,92
Tiempo de aireación (Horas)	1	2,15	2,15	0,22
Interacción Flujo de aire-Tiempo de aireación	3	25,45	8,48	0,86
Error	16	157,8	9,86	
Total	23	242,32		

$$F_{0,05, 3, 16} = 3,24; F_{0,05, 1, 16} = 4,49$$

gl= Grado de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrado medio

dos horas y tres horas sobre el contenido de carbono, por lo que al momento de seleccionar el tiempo de aireación, para llevar a cabo un proceso de compostaje bajo las condiciones especificadas en este estudio, se selecciona el tiempo de aireación de dos horas, por implicar menor tiempo en el funcionamiento del compresor y por ende menos gasto de energía. Como no existió diferencia significativa en la relación C/N al variar de 50 L.min⁻¹ a 140 L.min⁻¹, para el tiempo de dos

purpose of corroborating the result's reproduction by following similar conditions.

Acknowledgement

Authors want to express their gratitude to the Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), Universidad del Zulia, by the financing of this research.

End of english version

Cuadro 12. Relación Carbono/Nitrógeno en el Abono Orgánico.**Table 12. Carbon/Nitrogen relationship in the organic manure.**

Flujos de Aire (L.min ⁻¹)	Tiempo de Aireación (Horas)	
	2 Horas	3 Horas
30	17,03 _a	15,19 _{a,b}
50	13,13 _c	13,45 _c
80	16,24 _{a,b}	15,48 _{a,b}
140	14,52 _c	13,37 _c

Letras diferentes significan diferencias significativas para $\alpha=0,05$.

Cuadro 13. Análisis de Varianza para la Relación de C/N en el Abono Orgánico obtenido.

Table 13. Analysis of variance for the C/N relationship in the organic manure obtained.

Fuente de Variación	gl	SC	CM	F ₀
Flujo de aire (L.min ⁻¹)	3	35,01	11,67	10,06
Tiempo de aireación (Horas)	1	4,43	4,43	3,82
Interacción Flujo de aire-Tiempo de aireación	3	3,64	1,21	1,04
Error	16	18,55	1,16	
Total	23	61,63		

F_{0,05, 3, 16} = 3,24; F_{0,05, 1, 16} = 4,49

gl= Grado de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrado medio

horas fijado, al momento de seleccionar el flujo de aire más conveniente para llevar a cabo el proceso de compostaje, se seleccionaría el flujo de aire de 50 L.min⁻¹.

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. Vallini *et al.*, (1983), encontraron una relación C/N de 13,7 para el abono orgánico a base de paja de trigo y agua de desecho del procesamiento de tomate y una relación de 20,23 para el abono orgánico a base de cáscara de oliva. 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. Gigliotti *et al.*, (1997), indicaron una relación C/N de 14,4 para el abono or-

gánico a base de basura municipal en condiciones aeróbicas.

Conclusiones

El flujo de aire empleado y los tiempos de aireación afectan el contenido de nitrógeno en el abono orgánico obtenido, sin embargo, el efecto causado por el flujo de aire sobre el contenido de nitrógeno no dependió del tiempo de aireación seleccionado.

El flujo de aire empleado afectó la relación C/N en el abono orgánico obtenido, no siendo así el tiempo de aireación sobre la relación C/N, sin embargo, el efecto causado por el flujo de aire sobre la relación C/N no dependió del tiempo de aireación seleccionado.

Entre los flujos de aire y los tiempos de aireación, las condiciones de 50 L.min⁻¹ y tiempo de aireación de 2 horas, garantizan la obtención de un buen abono orgánico con un mínimo de gasto de energía.

Recomendación

Realizar el proceso de fermentación a 50 L.min⁻¹ con el fin de corroborar la reproducibilidad de los resultados.

Agradecimiento

El financiamiento de esta investigación por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), de la Universidad del Zulia, permitió su realización.

Literatura citada

- AOAC 1984. Official Methods of Analysis. 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1141 pags.
- Bertran, E., X. Sort, M. Soliva, I. Trillas. 2004. Composting winery waste: sludges and grapes stalks. *Bioresour. Technol.* 95, 203-208.
- Botella, C., A. Díaz, I. De Ory, C. Webb y A. Blandino. 2007. Xilanase and pectinase production by *Aspergillus awamori* on grape pomace by solid state fermentation. *Proc. Biochem.* 42, 98-101.
- Botella, C. A. Díaz, I. De Ory, C. Webb, D. Cantero y A. Blandino. 2005. Hydrolytic enzyme production by *Aspergillus awamori* on grape pomace. *Biochem. Eng. J.* 26, 100-106.
- 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.
- Cayueta, M., M. Sanchez y A. Roig. 2006. Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill waste. *Process Biochem.* 41, 616-623.
- Cegarra, J., J. Alburquerque, J. González, G. Tortosa y D. Chaw. 2006. Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive-mill by-product («alperujo») managed by mechanical turning. *Waste Manage.* 26, 1377-1383.
- De Bertoldi M., G. Vallini, A. Pera y F. Zucconi. 1982. Comparison of three windrow compost systems. *Rev. Biocycle* 23 (2), 45-50.
- 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.
- Ferrer, J., G. Páez y D. Mújica. 1993. Producción de un compostaje a partir de desechos de uva. *Rev. Téc. Ing.* 16, (3), 191-8.
- Ferrer, J., G. Páez y M. Chirinos. 1994. Bioproceso aeróbico de la pulpa de café. *Rev. Téc. Ing.* 17, (2), 67-74.
- Gliogliotti, G., D. Giusquiani, D. Businelli y A. Macchioni. 1997. Composition changes of dissolved organic matter in a soil amended with municipal waste compost. *Rev. Soil Science.* 162, (12).
- 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.
- Kulcu, R y O. Yadiz. 2004. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes. *Bioresour Technol.* 93, 49-57.
- Lawson, M. y A. Kelling. 1998. Poultry carcasses compost for application in the UK. *Rev. British Poultry Science* 39, 510-11.
- 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.

- Montgomery, D. 1991. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Editorial Iberoamérica, S.A. México, D.F. 589 pags.
- Parr, J. y G. Wilson. 1992. Effect of certain chemical and physical factors on the composting process and product quality. Science and Education Administration. U.S. Department of Agriculture. Maryland.
- Rau, J., G. Castro y K. Park. 1989. Conversion of cane bagasse to compost and its chemical characteristic. *Rev. Biotechnol. and Bioeng. Symp.* (8), 24-6
- SAS. 1987. User's guide, Statistical Analysis System, SAS Institute, INC.
- Sasson, A. 1984. Las Biotecnologías. Desafíos y Promesas. Editorial UNESCO. 338 pags.
- Slobodanka, K., E. Vandeska, E. y A. Dimitrisvski. 1991. Production of mycelial protein and cellulotic enzymes from food waste. *Rev. J. Ind. Microb.* 7, 257-262.
- Smidt, E y P. Lechner. 2005. Study on the degradation and stabilization of organic matter in waste by means of thermal analyses. *Thermochim Acta.* 48, 22-28.
- Stredansky, M. y E. Conti. 1999. Xantan production by solid state fermentation. *Proc. Biochem.* 34, 581-587
- Trois, C., I., Polster. 2007. Effective pine bark composting with the Dome Aeration Technology. *Waste Manage.* 27, 96-105.
- Vallini, G., M. Bianchin, A. Pera y M. De Bertoldi. 1983. Composting agro-industrial byproducts. *Rev. Biocycle.* 24, 43-7
- Vlyssides, A. D. Bouranis, M. Loizidou y G. Karrouni. 1996. Study of a demonstration plant for the co - composting of olive - oil processing waste and solid residue. *Rev. Bioresour Technol.* 56, 187-193.
- 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.
- Zmora, S., Y. Hadar y Y. Chen. 2007. Physico- chemical properties of commercial compost varying in their source materials and country origin. *Soil Soil Biology & Bio.* 39, 1263- 1276.