

Del 2 al 5 de mayo de 2023

**CENTRO UNIVERSITARIO
SANTA ANA
ALMENDRALEJO**



Joaquín Sorolla Bastida. Comiendo uvas, 1898. Acualera sobre papel. Museo Sorolla, n° inv. 00427

**XLV JORNADAS
DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
TIERRA DE BARROS
V CONGRESO AGROALIMENTARIO
DE EXTREMADURA**

XLV JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
DE LA TIERRA DE BARROS
V CONGRESO AGROALIMENTARIO DE EXTREMADURA

Edita:

Centro Universitario Santa Ana
C/ IX Marqués de la Encomienda, nº 2
Almendralejo
Tel. 924 661 689
<http://www.univsantana.com>

Colabora: Cajalmendralejo

Ilustración de portada:

Joaquín Sorolla Bastida. "Comiendo uvas". 1898. Acuarela sobre papel.
Museo Sorolla. n: inv. 00427. © Fundación Museo Sorolla

Diseño original:

Tecnigraf S.A.

Maquetación: María Sabater

ISBN: 84-7930-113-9

D.L.: BA-000169-2024

Imprime: Impresal

Composición volátil de los vinos tras el uso de enmiendas orgánicas procedentes de residuos de cultivo de setas

SÁNCHEZ-SUAREZ, F.¹

PALENZUELA, M.V.²

LÓPEZ DE LERMA, N.¹

MUÑOZ-CASTELLS, R.¹

ROSAL, A.²

PEINADO, R.A.¹

1. Departamento de Química Agrícola, Edafología y Microbiología.
Universidad de Córdoba.

2. Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica.
Universidad Pablo de Olavide. Sevilla.

RESUMEN

En este trabajo, se ha estudiado el efecto de la aplicación agrícola en viñedo de dos enmiendas orgánicas (compost y vermicompost), procedentes del tratamiento de sustrato agotado de paja de trigo utilizado en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, sobre la composición volátil de los vinos obtenidos tras la fermentación de los mostos. El análisis de los parámetros colorimétricos puso de manifiesto que existe un mayor índice de color en el caso del vino obtenido tras el tratamiento con vermicompost. Además, para este tipo de vinos se obtuvo una mayor concentración de compuestos volátiles. Así, tras agrupar en series aromáticas los compuestos aromáticos, las

mayores diferencias entre los vinos vermicompost y el resto se obtuvieron en las series frutales, florales, herbáceas y frutal verde. El análisis de componentes principales diferenció claramente el vino obtenido tras el tratamiento con vermicompost del resto de vinos, siendo responsable de esta diferenciación, además de la serie aromática anterior, los valores del índice de polifenoles totales y de color y la tonalidad. Los resultados indican que el aporte de este tipo de enmiendas orgánicas en suelos de viñedos se puede plantear como alternativa a la dependencia de los fertilizantes químicos, aunque es necesario continuar el estudio en el tiempo para confirmar los resultados.

SUMMARY

Here, we have studied the effect of the application in vineyard of two organic amendments (compost and vermicompost), from the treatment of depleted substrate of wheat straw used in the cultivation of *Pleurotus ostreatus*, on the volatile composition of wines obtained after fermentation of musts. The analysis of the colorimetric parameters showed that there is a higher color index in the case of wine obtained after treatment with vermicompost. In addition, for this type of wines, a higher concentration of volatile compounds was obtained. Thus, after grouping the aromatic compounds into aromatic series, the greatest differences between vermicompost wines and the rest were obtained in the fruit, floral, herbaceous and green fruit series. The principal components analysis clearly differentiated the wine obtained after treatment with vermicompost from the rest of the wines, being responsible for this differentiation, in addition to the previous aromatic series, the values of the total polyphenol and color indexes and tonality. Results indicate that the contribution of this type of organic amendments in vineyard soils can be considered as an alternative to dependence on chemical fertilizers, although it is necessary to continue the study over time to confirm the results.

INTRODUCCIÓN

Los suelos vitícolas ocupan una superficie de aproximadamente 7,4 millones de hectáreas en todo el mundo, siendo España, China, Francia, Italia, Turquía, EE. UU., Argentina y Chile las regiones más destacadas (OIV,

2020). A pesar de ello, la explotación intensiva de estas zonas vinícolas está generando un impacto ambiental significativo y una pérdida importante de la fertilidad del suelo. (White *et al.*, 2007).

Es por ello e impulsado desde el sector consumidor y productor que se están implementando prácticas agrícolas sostenibles basadas en la gestión orgánica y, más recientemente y en expansión, biodinámica del viñedo, cuyo objetivo es minimizar los efectos adversos del cultivo convencional reduciendo la dependencia de componentes de síntesis química, como los fertilizantes o las materias activas usadas en el control de enfermedades y plagas. En este sentido, la aplicación de enmiendas orgánicas, entre las que se encuentran el compost y vermicompost, pueden ser un método de enriquecimiento del suelo, tanto a nivel de macro (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn...), como a nivel de materia orgánica consiguiendo además suelos con una comunidad biológica diversa y equilibrada. (Zein *et al.*, 2020, Bustamante *et al.*, 2011; Nendel and Reuter, 2007; Pinamonti, 1998).

Entre la bibliografía destacan los estudios realizados por (1) Döring *et al.*, (2015) quienes compararon diferentes métodos de gestión de viñedos y observaron que las prácticas sostenibles, como la gestión orgánica y biodinámica, reducen el crecimiento y el rendimiento de la vid, pero no afectan negativamente la calidad del vino. (2) Evans *et al.* (2013), donde se analizó el uso de té de compost elaborado a partir de estiércol vacuno, gallinaza, residuo vegetal y residuo de piscifactoría de salmón, y se confirmó que su aplicación en el viñedo puede ser una estrategia efectiva en el manejo integral de enfermedades de la vid. (3) Gaiotti *et al.* (2017) que demostraron que la adición de compost de estiércol de vaca y residuos de poda de vid mejora el desarrollo de raíces, el crecimiento vegetativo de la viña, el rendimiento y la composición de la uva y (4) Martínez *et al.* (2018) indicaron que la aplicación de compost y vermicompost de gallinaza y serrín aumenta la absorción de nutrientes y el rendimiento de la vid. En general, estos estudios sugieren que la utilización de compost y otros abonos orgánicos puede ser una práctica efectiva y sostenible en el manejo de viñedos.

Aunque existen numerosos estudios sobre los efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas en viñedos, estos han presentado resultados dispares en función de la práctica agrícola y del origen, composición y dosis de compost/vermicompost utilizados. Por lo tanto, se requiere profundizar en

este campo de estudio, en particular, en cuanto a su efecto sobre la calidad analítica y sensorial de los vinos, un tema que apenas ha sido abordado en la literatura.

En este trabajo, se ha estudiado el efecto de la aplicación agrícola de compost y vermicompost obtenidos a partir del tratamiento de residuos lignocelulósicos de *Pleurotus ostreatus*, que son enmiendas orgánicas con potencial uso agrícola en la composición analítica y volátil de los vinos obtenidos, consiguiendo así una visión integral del efecto de prácticas agrícolas beneficiosas con el medio ambiente sobre los vinos obtenidos. A diferencia de otros estudios, se ha evaluado el efecto de estas enmiendas de manera individual y no en co-compostaje o co-vermicompostaje con otros residuos. Los resultados sugieren que la aplicación de ambas enmiendas no afecta a la calidad analítica de los vinos, pero sí alteran positivamente el perfil volátil de los mismos. Es necesario seguir profundizando en este campo para conocer con mayor precisión los efectos de estas enmiendas sobre la calidad de los vinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Situación del ensayo

El ensayo se ha llevado a cabo en un viñedo de la variedad Syrah situado en Puente Genil (Córdoba), donde los suelos son típicamente arcillosos y con un contenido en caliza y caliza activa altos. El viñedo se encuentra a una altitud de 400 m siendo las precipitaciones y temperaturas medias de 550 mm y 16,2°C, respectivamente.

Fertilización

Se estudió el efecto del uso de fertilizantes orgánicos de distinta naturaleza en el viñedo con el objetivo de conocer además el aporte de los mismos a las características sensoriales y analíticas de los vinos obtenidos. De esta forma se consigue un aporte de conocimiento integral que las enmiendas orgánicas pueden tener sobre la calidad de la uva y el vino final obtenido.

La fertilización orgánica que se ha evaluado en este estudio es la aplicación de compost y vermicompost procedente de residuo de paja de trigo usado como sustrato para el cultivo del champiñón ostra (*Pleoratus ostreatus*)

contribuyendo así a la economía circular y evitando la generación de residuos. La caracterización físico-química de la enmienda utilizada se recoge en la Tabla 1.

Para ello, se llevaron a cabo tres tratamientos experimentales consistentes en un control sin fertilización (C) y dos enmiendas orgánicas a razón de 7 t/ha de vermicompost y compost aplicados en las inmediaciones de las plantas en los primeros 30 cm de profundidad del suelo.

Vinificaciones y controles analíticos

Se llevaron a cabo la vendimia y vinificación de cada uno de los tratamientos por separado bajo las mismas condiciones para evitar influencias de éstas en los vinos obtenidos. Tras la fermentación alcohólica se caracterizaron los vinos siguiendo los métodos oficiales de análisis (OIV, 2023), determinando pH, acidez titulable, acidez volátil, etanol, azúcares reductores, índice de polifenoles totales (IPT), intensidad colorante (IC) y tonalidad (T).

Determinación de compuestos volátiles.

La determinación de los compuestos volátiles del vino se realizó siguiendo lo expuesto en López de Lerma *et al.* (2018), determinándose en dos fases, extracción y cuantificación.

Para la extracción de la muestra de vino, se realizó una dilución 1:10 con una disolución hidroalcohólica de un 12% de etanol (v/v) y a pH 3,5 ajustado con con 2,6 g/L de ácido tartárico y 2,2 g/L de bitartrato de potasio. Se colocó un Twister (Gerstel) (barra magnética recubierta de PDMS) en un vial de vidrio de 10 mL que contenía 10 mL de la muestra diluida y 0,1 mL de una solución de nonanoato de etilo (0,45 mg/L) como patrón interno. Se agitó a 1500 rpm y 25°C durante 100 minutos para posteriormente retirar el Twister de la muestra, secarlo suavemente con un tejido sin pelusa y transferirlo a un tubo de desorción de vidrio para su análisis mediante GC-MS.

El segundo paso es la determinación y cuantificación de los compuestos volátiles presentes en la muestra. Para ello se utilizó un GC-MS equipado con un sistema de termodesorción Gerstel TDS 2. El procedimiento se basa en calentar a 280°C el tubo de desorción que contiene el Twister para que los compuestos volátiles se transfieran al tubo de desorción tenax que se encuentra a 25°C en el sistema de enfriamiento CIS 4 PTV. Por último, el

CIS que contiene el tenax se calienta siguiendo lo expuesto anteriormente para liberar los compuestos volátiles en el equipo GC-MS equipado con una columna capilar Agilent 19091S y un espectrómetro de masas trabajando en modo escáner con partículas de 39 a 300 amu a 1850 V.

Para identificar los compuestos volátiles obtenidos se usó el tiempo de retención de los compuestos patrones inyectados en las mismas condiciones cromatográficas además de la librería espectral Wiley.

Para la cuantificación de los compuestos determinados se realizó previamente una curva de calibración con patrones inyectados en las mismas condiciones cromatográficas.

Series Aromáticas

Para la obtención de las series aromáticas se realizó la suma de los valores de actividad odorante (VAO) de cada compuesto en función de sus principales descriptores, pudiendo asignarse un compuesto a más de una serie aromática. El VAO se calculó dividiendo la concentración de cada compuesto determinado por su umbral de percepción, teniéndose en cuenta únicamente aquellos compuestos con VAO superior a 1.

Finalmente fueron determinadas diez series aromáticas: química, frutal, fruta fresca, caramelo, cremoso, cítrico, vegetal, herbáceo, graso y ceroso.

Análisis estadístico

Las posibles diferencias estadísticas entre las variables analizadas a los distintos vinos se determinaron mediante análisis de la varianza multifactorial, para los niveles de probabilidad $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**) y $p < 0.001$ (***). Cuando mostraron diferencias significativas se procedió a la comparación de medias usando el test de Tukey con $p < 0.05$. Estos análisis se realizaron con programación en lenguaje Python usando los notebook Jupyter.

También se llevó a cabo un análisis de factores principales para la determinación de diferencias y semejanzas entre las diferentes fermentaciones teniendo en cuenta todos los parámetros analizados.

RESULTADOS

Parámetros analíticos

Como se observa en la Tabla 2, en la mayor parte de los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas entre los tres tratamientos realizados, a excepción de aquellos relacionados con los polifenoles. En cuanto al índice de polifenoles totales (IPT), destaca el tratamiento con vermicompost, el cual tiene un 20% más de polifenoles, haciendo el vino más apto para una crianza.

Por su parte, entre los parámetros de color destaca una mayor intensidad de color en los vinos procedentes de la fertilización con compost y, especialmente, con vermicompost frente al control, consiguiendo vinos con más intensidad y capa. Además, la tonalidad (T) sigue una tendencia inversa, presentando más tonalidad los vinos control frente a los tratamientos con compost y vermicompost. Esto indica que el vino control presenta una tendencia hacia tonos más apagados cercanos a marrones, mientras que los tratamientos con compost y, de forma mucho más acusada, vermicompost presentan tonos más rojos y azules/violeta, que aporta una mayor viveza al vino.

Compuestos responsables del aroma

En la Tabla 3 se recogen los compuestos que han sido determinados en el GC-MS agrupados por familias químicas, así como los descriptores aromáticos y las series a los que se asignan.

Una vez determinados y cuantificados los compuestos se ha procedido a calcular el VAO y agruparlos por series aromáticas teniendo en cuenta aquellos compuestos cuyo VAO sea superior a la unidad (Tabla 4), facilitando así una comprensión más adecuada del contexto (Francis & Newton, 2005). Debe tenerse en cuenta que, aunque el método de agrupación por series los VAO superiores a unidad es un método ampliamente aceptado, no tiene en cuenta los efectos sinérgicos y/o antagónicos de los diferentes compuestos, siendo éstos muy importantes (Hein *et al.*, 2009). Entre los compuestos con VAOs superior a uno, destacan los ésteres etílicos, cuyos descriptores aromáticos están relacionados con los aromas frutales, siendo el octanoato de etilo el que presentan un mayor valor. Dentro de los terpenos destaca

la β -damascenona que contribuye a los aromas florales. Para ambos compuestos, el vino que presenta mayores valores es el obtenido tras el tratamiento con vermicompost. La concentración de los compuestos con VAO superior a la unidad dependen del tipo de tratamiento, salvo los alcoholes isoamílicos, el butanoato de etilo, el 3-metilbutanoato de etilo y el limoneno.

Los resultados por series aromáticas se recogen en la Tabla 5, en ella se aprecia que la serie química no es significativamente diferente entre los tratamientos analizados. Por su parte, las series frutal, floral, herbácea y cerosa presentan valores mucho mayores en el tratamiento con vermicompost frente al resto de los tratamientos. Éstos pueden deberse al mejor valor fertilizante que presenta el vermicompost frente al compost y más acentuadamente frente al control no fertilizado, de manera que existen estudios que relacionan un mayor contenido en N en el mosto en forma de NFA y, especialmente alcoholes superiores y ésteres. (Gobert *et al*, 2019; Verdenal, *et al*, 2021).

Análisis de componentes principales

Se ha realizado un análisis de componentes principales teniendo en cuenta aquellas variables que muestran diferencias significativas en los análisis estadísticos. (Gráfico 1)

Se han determinado dos componentes principales, explicando la primera de ellas el 65,45 % y la segunda el 29,78% de la variabilidad encontrada, explicando en conjunto el 92,23% del total de variabilidad de la muestra. Con estas dos variables se consiguen separar fielmente los tres grupos de datos como se muestra en el gráfico.

La componente 1 parece estar relacionada con la diferenciación entre el tratamiento con vermicompost y el resto, siendo las series floral, herbácea, frutal y cremoso junto que el valor del IPT, las variables que más influyen en esta diferenciación. La PC2 parece estar relacionada con la diferenciación entre el control y el tratamiento con compost, dependiendo la distinción, en este caso, de las series cítrica y vegetal y la intensidad colorante. Por su parte, otras variables como Tonalidad, las series química, grasa, y fruta verde tienen pesos similares en ambas componentes.

CONCLUSIÓN

Como conclusión del presente estudio se obtiene que entre los parámetros que se suelen evaluar en la elaboración de vino, destaca la presencia más elevada de compuestos responsables del color de los vinos en los tratamientos de enmiendas con vermicompost además de presentar el vino control la mayor tonalidad, es decir, el mayor pardeamiento. En cuanto a la composición del aroma, el vino con vermicompost fue el que mostró la mayor concentración total, destacando la presencia de aromas afrutados, florales, herbales, de frutas verdes, grasos y cerosos. Si bien el vino con compost mostró la menor cantidad total de aromas, destacó en comparación con los otros vinos en la serie de aromas cítricos, verdes y grasos. Por lo tanto, se puede inferir que las enmiendas orgánicas impactan en la composición de las uvas y, en consecuencia, en la calidad de los vinos. En resumen, el uso de este tipo de enmiendas puede representar una fuente alternativa de nutrientes para el manejo sostenible del viñedo además del enriquecimiento biológico que presentan, aunque es importante analizar sus efectos a largo plazo repitiendo las aportaciones durante varios años.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN de España la financiación de esta investigación a través del proyecto TED2021-129208B-100.

BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante, M.A.; Said-Pullicino, D.; Agulló, E.; Andreua, J.; Paredes, C.; Moral, R. "Application of winery and distillery waste composts to a Jumilla (SE Spain) vineyard: Effects on the characteristics of a calcareous sandy-loam soil". *Agric. Ecosyst. Environ*, 2011, 140:80-87.
- Döring, J.; Frisch, M.; Tittmann, S.; Stoll, M. & Kauer, R. "Growth, yield and fruit quality of grapevines under organic and biodynamic management". *Plos One*, 2015.
- Evans, K.J.; Palmer, A.K.; & Metcalf, D.A. "Effect of aerated compost tea on grapevine powdery mildew, botrytis bunch rot and microbial abundance on leaves." *Eur. J. Plant Pathol*, 2013, 135 (4):661-673.

- Francis, I. L., Newton, J. L. "Determining wine aroma from compositional data." *Aust. J. Grape Wine Res.*, 2005, 11:114-126.
- Gaiotti, F.; Marcuzzo, P.; Belfiore, N.; Lovat, L.; Fornasier, F.; Tomasi, D. "Influence of compost addition on soil properties, root growth and vine performances of *Vitis vinifera* cv Cabernet Sauvignon." *Sci. Hortic*, 2017, 225:88-95.
- Gobert, A.; Tourdot-Maréchal, R.; Sparrow, C.; Morge, C.; Alexandre, H. "Influence of nitrogen status in wine alcoholic fermentation." *Food Microbiol.*, 2019, 83:71-85.
- Hein, K.; Ebeler, S. E.; Heymann, H. "Perception of fruity and vegetative aromas in red wine." *J. of Sens. Stud.*, 2009, 24:441-455.
- López de Lerma, N.; Peinado, R.A.; Puig-Pujol, A.; Mauricio, J.C.; Moreno, J.; García-Martínez, T. "Influence of two yeast strains in free, bioimmobilized or immobilized with alginate forms on the aromatic profile of long aged sparkling wines." *Food Chem.*, 2018, 250:22-29.
- Martínez, L.E.; Vallone R.C.; Piccoli, P.N.; Ratto, S.E. "Assessment of soil properties, plant yield and composition, after different type and applications mode of organic amendment in a vineyard of Mendoza, Argentina." *Rev. Fac. Cienc. Agrar*, 2018, 50(1):17-32.
- Nendel, C.; Reuter, S. "Soil biology and nitrogen dynamics of vineyard soils as affected by a mature biowaste compost application." *Compost Sci. Util.*, 2007, 15:70-77.
- OIV. "Compendium of International Methods of Wine and Must Analysis." *International Organization of Vine and Wine*, 2023.
- OIV. "Statistical Report on World Vitiviniculture." *International Organization of Vine and Wine*, 2020.
- Pinamonti, F. "Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine." *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 1998, 51:239-248.
- Verdenal, T. D.-N.; Spangenberg, J.; Zufferey, V.; Juan-Laurent, S.; Viret, O.; Marin-Carbonne, J. & van Leeuwen, C. "Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review." *Oeno One*, 2021, 55.
- White, R.; Balachandra, L.; Edis, R.; Chen, D. "The soil component of terroir." *J. Int. Sci. Vigne Vin* 2007, 41:9-18.

Zein, A.; Fiorino, G.M.; Polo, A.; Filannino, P.; Di Cagno, R. "High-Value Compounds in fruit, vegetable, and cereal byproducts: an overview of potential sustainable reuse and exploitation." *Molecules*, 2020, 25:2987.

Tabla 1. Propiedades de las enmiendas orgánicas utilizadas

Propiedad	Compost	Vermicompost
pH	6.81±0.13	7.84±0.02
EC (dS m ⁻¹)	3.99±0.51	1.90±0.02
Materia orgánica (%MS)	63.94±2.49	60.62±0.42
N Total (%MS)	2.10±0.08	2.20±0.11
C/N	12.40	9.85
Cr (mg kg ⁻¹)	27.0±0.6	24.7±0.5
Cu (mg kg ⁻¹)	6.1±0.1	10.5±0.3
Ni (mg kg ⁻¹)	11.9±0.5	13.3±0.5
Pb (mg kg ⁻¹)	16.3±0.6	15.5±0.4
Zn (mg kg ⁻¹)	43.7±0.9	54.5±0.8
Granulometría (mm)	15.0 ¹	15.0 ¹

Los valores representados son las medias ± dt. %MS: Presentado sobre % de materia seca.¹ > 90% de las partículas pasan por una malla de 15 mm de luz.

Tabla 2. Variables enológicas determinadas en los distintos vinos. TH₂: ácido tartárico; AcH: ácido acético.

	Control	Compost	Vermicompost
Alcohol (%v/v)	13,2±0,2a	13,3±0,2a	13,1±0,2a
Azúcares reductores (g/L)	2,2±0,3a	2,4±0,4a	2,6±0,3a
pH	4,03±0,04a	3,95±0,06a	4,04±0,05a
Acidez titulable (g TH ₂ /L)	5,3±0,1a	5,5±0,1a	5,5±0,1a
Acidez volátil (g AcH/L)	0,51±0,02a	0,50±0,03a	0,52±0,02a
Índice de Polifenoles totales	49±2b	49±1b	60±1a
Intensidad colorante	26,6±0,1c	30,1±0,2b	32,6±0,2a
Tonalidad	32,4±0,5a	21,9±b	13,0±0,6c

Los valores representados son las medias ± dt. Letras diferentes indican diferencias significativas al 95% de confianza

Tabla 3. Descriptor aromático, serie y umbral de percepción ($\mu\text{g/L}$) de los compuestos volátiles determinados.

Compuesto	Descriptor	Serie	Umbral de Percepción
ALCOHOLES			
Isobutanol	Etéreo, Vinoso	Química	40
Alcoholes isoamílicos	Alcoholes de fusel, disolvente	Química	30
2,3 Butanodiol	Mantecoso, Cremoso	Cremoso	668
Alcohol furfurílico	Café, Dulce	Caramelo	8000
1-Hexanol	Hierba recién cortada	Verde	8000
2-etil-1-hexanol	Cítrico, Fresco, Oleoso	Cítrico, Graso	8000
2-feniletanol	Rosa	Floral	10
Guaiacol	Fenol, Vainilla	Química, Caramelo	75
4-Vinilfenol	Fenol, Medicinal	Química	180
ACETATOS			
Acetato de metilo	Etéreo, Disolvente	Química	470
Acetato de etilo	Etéreo, Pegamento	Química	7,5
Acetato de isoamilo	Banana, Fruta madura	Frutal	30
Acetato de 2-feniletanol	Dulce, Cacao, Rosa	Caramelo, Floral	250
ÉSTERES ETÍLICOS			
Propanoato de etilo	Uva, Piña	Frutal	10
Butanoato de etilo	Piña jugosa	Frutal	20
3-metilbutanoato de etilo	Piña, Manzana	Frutal, Fruta verde	3
Hexanoato de etilo	Piña, Plátano verde	Frutal, Fruta verde	14
4-OH-butanoato de etilo	Caramelo, Ceroso	Caramelo, Ceroso	1000
Octanoato de etilo	Piña, Ceroso	Frutal, Ceroso	5
Decanoato de etilo	Manzana, Uva, Ceroso	Frutal, Ceroso	200
Dodecanoato de etilo	Jabonoso, Ceroso	Ceroso	500
Tetradecanoato de etilo	Dulce, Ceroso	Ceroso	4000
Hexadecanoato de etilo	Balsámico, Oleoso, Ceroso	Ceroso	2000
Succinato de dietilo	Manzana, Manzana cocida	Frutal	200

Compuesto	Descriptor	Serie	Umbral de Percepción
Vainillato de etilo	Fenol, quemado, amaderado	Química, Cremoso	990
LACTONAS			
γ -butirolactona	Cremoso, oleoso	Cremoso	35
γ -crotonolactona	Mantequilla	Cremoso	35
γ -nonalactona	Coco, Mantequilla	Frutal, Cremoso	30
ALDEHÍDOS			
Heptanal	Herbáceo, fresco	Verde	3
Octanal	Piel de naranja	Cítrico	2,5
Nonanal	Naranja, Fresco	Cítrico	2,5
Decanal	Piel de naranja, Ceroso	Cítrico, Ceroso	1.25
Benzaldehído	Cereza	Frutal	350
Furfural	Pan, Almendra tostada	Caramelo	150000
5-Metilfurfural	Picante, Jarabe de arce	Caramelo	20000
5-OH-metilfurfural	Tabaco, Caramelo	Caramelo	100000
CETONES			
3-heptanona	Verde	Verde	7.5
6-metil-5-hepten-2-ona	Verde, limoncillo, citronela	Verde, Cítrico	50
TERPENOS			
Limoneno	Terpeno, Naranja	Química, Cítrico	10
β -Damascenona	Rosa natural	Floral	7
Geranil acetona	Magnolia, Rosa	Floral	60
β -farneseno	Herbáceo	Verde	20
E-Nerolidol	Verde, floral	Verde, Floral	700
E-jasmonato de metilo	Jazmín	Floral	70
Z-dihidrofarnesol	Angelica seca	Floral	20
(Z,E)-farnesol	Flor de tilo	Floral	20
ÁCIDOS GRASOS			
Ácido octanoico	Queso, Rancio	Grasa	500
Ácido decanoico	Rancio, Agrio	Grasa	1000
Ácido dodecanoico	Graso	Grasa	2100
Ácido hexadecanoico	Graso, manteca de cerdo	Grasa	100000

Tabla 4. Compuestos volátiles con VAOs >1

	Control	Compost	Vermicompost
Acetato de etilo	3,93±0,36a	2,26±0,2b	4,24±0,38a
Propanoato de etilo	5,38±0,46a	4,27±0,35b	4,35±0,35b
Alcoholes Isoamílicos	8,43±0,42a	7,85±0,72a	8,48±0,71a
Butanoato de etilo	22,1±0,5a	20,6±1,6a	19,9±1,3a
3-metilbutanoato de etilo	1,26±0,04a	1,33±0,05a	1,34±0,10a
Acetato de isoamilo	3,02±0,14b	1,93±0,07c	3,39±0,14a
6-metil-5-hepten-2-ona	2,12±0,22b	3,29±0,23a	2,46±0,21b
Hexanoato de etilo	8,07±0,68b	9,06±0,87ab	10,2±0,8a
Limoneno	1,92±0,16a	2,06±0,05a	1,91±0,17a
2-feniletanol	3,87±0,13a	2,42±0,19c	3,27±0,31b
Ácido octanoico	6,25±0,55b	4,37±0,40c	7,87±0,63a
Octanoato de etilo	45,7±2,0a	44,4±3,1a	69,6±2,3b
4-vinilfenol	1,52±0,12b	2,21±0,15a	1,38±0,12b
Acetato de 2-feniletanol	1,32±0,03b	1,14±0,09c	2,01±0,11a
Damascenona	39,4±0,98b	34,5±3,1c	55,1±2,3a

Datos expresados como media ± dt. Letras diferentes indican diferencias significativas al 95% de confianza.

Tabla 5. Series aromáticas obtenidas tras la agrupación de los VAOs de los compuestos por sus descriptores aromáticos.

	Control	Compost	Vermicompost
Química	17,5±0,6a	17,5±0,8a	16,1±0,7a
Frutal	87±2b	110±5a	83±6b
Fruta fresca	9,3±0,7b	11,5±0,8a	10,4±0,9ab
Cremoso	2,8±0,1a	2,4±0,1b	3,0±0,1a
Verde	3,9±0,2c	4,6±0,3b	5,4±0,3a
Cítrica	5,7±0,3c	8,1±0,1b	9,2±0,2a
Graso	7,3±0,6a	8,5±0,7a	4,7±0,4b
Herbáceo	42±1b	57±2a	39±3c
Floral	47±1b	62±3a	40±3b
Ceroso	47±2b	72±2a	46±3b

Datos expresados como media ± dt. El tratamiento estadístico se realiza por series aromáticas. Letras diferentes indican diferencias significativas al 95% de confianza.

Tabla 6. Peso de las distintas variables utilizadas para el análisis de componentes principales

	PC1	PC2
Índice de polifenoles totales	0.340725	0.002165
Cítrica	0.063116	-0.495942
Cremoso	-0.314820	-0.101820
Graso	0.260684	0.328963
Floral	0.336785	0.134962
Frutal	0.344963	0.044083
Verde	-0.000878	-0.489106
Fruta Verde	0.267744	-0.232844
Herbáceo	0.345276	0.070320
Intensidad colorante	0.240128	-0.362519
Química	0.173417	0.327904
Tonalidad	-0.282767	0.279208
Ceroso	0.349052	-0.003253

Gráfico 1: Análisis de Componentes Principales

