

10 y 11 de noviembre de 2020

CENTRO UNIVERSITARIO SANTA ANA

XLII JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA TIERRA DE BARROS

II Congreso Agroalimentario de Extremadura



**XLII JORNADAS DE VITICULTURA Y ENOLOGÍA
DE LA TIERRA DE BARROS**
II 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:

© Jaime Fenollera
Viñedos en Tierra de Barros

Diseño original:

Tecnigraf S.A.

Maquetación: Virginia Pedrero

ISBN: 978-84-7930-110-4

D.L.:

Imprime: Impresal

Estudio de la correlación entre el color del pisco envejecido y el color de las virutas de madera usadas en el envejecimiento

DELGADO-GONZÁLEZ, M.J.*

GUERRERO-CHANIVET, M.

GUILLÉN-SÁNCHEZ, D.A.

GARCÍA-MORENO, M.V.

PEÑA NEIRA, A.

Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Instituto Universitario de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria (IVAGRO), Universidad de Cádiz, Campus Universitario de Puerto Real, 11510 Puerto Real, Cádiz, Spain.

RESUMEN

El envejecimiento es una de las etapas más caras e importantes de la producción de bebidas espirituosas como el whisky, el ron o el brandy. Una de las propiedades más importantes que se obtiene en el proceso de envejecimiento es el color amarillo-pardo que es característico de este tipo de bebidas. No obstante, es común que las industrias obtengan colores que no son deseables en sus bebidas debido al efecto que tiene la madera en el envejecimiento, por lo que deben corregir el color con aditivos. En el presente estudio se ha llevado a cabo la correlación existente entre el color de siete maderas distintas y el color del destilado obtenido tras treinta días de envejecimien-

to, obteniendo un valor de R^2 de 0.995. A la vista de este resultado, las tonelerías tienen un nuevo instrumento para ofrecer maderas que sean más deseables para las productoras de bebidas espirituosas, ya que el color del destilado envejecido se encuentra directamente relacionado con el color de la madera con la que se envejecen.

Palabras clave: Color, CIEDE2000, Madera, Envejecimiento.

ABSTRACT

Ageing is one of the most expensive and important stages on the production of spirits, such as whisky, rum and brandy. One of the most important properties that is obtained in the ageing process is the yellow-brown colour which is characteristic of these types of beverages. However, it is common that industries obtain colours which are not desirable for their beverages, because of the wood on the ageing process, so they must fix their colours with additives. In this study it has been carried out the correlation between colour of seven different woods and the colour of the obtained distillate after thirty days of ageing, obtaining a R^2 value of 0.995. In view of this result, the cooperages have a new instrument for offering woods which are more desirable for the spirit beverages' producers, as the colour of the aged distillate has been found to be directly related with the colour of the wood which is used in their ageing.

Keywords: Colour, CIEDE2000, Wood, Ageing.

INTRODUCCIÓN

En la producción de algunas bebidas espirituosas, tales como el pisco, el ron, el whisky o el brandy, el proceso de envejecimiento es uno de los pasos más importantes. En esta etapa, el destilado alcohólico extrae de la madera todos los componentes que le son característicos, tales como los compuestos fenólicos, los furfuralés, y las sustancias volátiles¹ y que le confieren sus particulares características organolépticas.

De todas las características que se obtienen de la madera, una de las más importantes es el color. Según la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), el color es "una de las propiedades más importantes que nos

devuelve una gran cantidad de información²⁷. Según varios estudios, el color de las bebidas espirituosas es una característica altamente atractiva para el consumidor^{3,4}. Por ejemplo, en el caso de los brandies, los colores más oscuros e intensos se asocian a bebidas más envejecidas y, por lo tanto, de mayor calidad.

Es tal la importancia del color en la producción de una bebida espirituosa, que las industrias productoras buscan colores específicos para sus bebidas. Por ello, la corrección del color es una etapa común en el proceso de elaboración de estas bebidas: la heterogeneidad natural de la madera utilizada en el envejecimiento de estas bebidas produce variaciones en el color final de los destilados envejecidos en ellas⁵, provocando que en muchas ocasiones las productoras necesiten corregir el color final de la bebida mediante la adición de aditivos⁶.

Son varios los componentes de la madera que influyen en el color obtenido por la bebida espirituosa. En primer lugar, la celulosa y la hemicelulosa producen compuestos furfurílicos en los procesos de tostado de la madera, que son extraídos por los destilados y provocan tonalidades amarillentas y pardas. La hemicelulosa, por un lado, se rompe en pentosas (como la xilosa), que se caramelizan y deshidratan formando furfural, y en hexosas (como la glucosa), que forman 5-hidroximetilfurfural y 5-metilfurfural. Por otro lado, la celulosa se rompe en monómeros de glucosa, que forman 5-hidroximetilfurfural⁷. En segundo lugar, la madera contiene sustancias extraíbles coloreadas, como algunos compuestos flavonoides⁸. Por último, las maderas ceden taninos y otros fenoles no flavonoides al destilado que, si bien no son compuestos coloreados en sí mismos, sí dan lugar a compuestos coloreados, debido a que participan en diversas reacciones de oxidación y condensación que originan compuestos de tonalidades amarillas y marrones⁹. Todas estas sustancias, además de producir color en los destilados envejecidos, producen colores oscuros e intensos en las maderas que se utilizan en los procesos de envejecimiento.

En el presente estudio se ha llevado a cabo la correlación entre el color de la madera y el color del pisco obtenido tras el envejecimiento. Específicamente, se han comparado cada una de las coordenadas del espacio de color RGB obtenidas para varios tipos de maderas y sus destilados envejecidos con ella, así como las diferencias de color con respecto a colores patrón según el parámetro CIEDE2000. De esta manera, se busca ofrecer a las tonelerías una herramienta que les permita conocer sus productos, con

el objetivo de que puedan vender la madera a las bodegas y productoras de bebidas envejecidas que necesiten para obtener los colores que desean en sus espirituosos, disminuyendo así el uso de los aditivos en las bebidas y mejorando sus ventas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó como destilado inicial un pisco blanco procedente de la zona del Valle del Elqui (Chile) con una graduación alcohólica de 85,9% de alcohol por volumen.

Se utilizaron siete maderas distintas en el envejecimiento de los destilados, de la variedad de roble albar francés (*Quercus petraea*), y fueron obtenidas en distintos bosques de Francia: Vosgues (VOS-1, VOS-2, VOS-3), L'Yonne (YON), Velaine (VEL), Perseigne (PER) y Amboise (AMB). Estas maderas recibieron un tratamiento previo de tostado medio por convección, y fueron surtidas en formato viruta por la tonelería TN Coopers (Región Metropolitana, Chile).

Proceso de envejecimiento

Para llevar a cabo los procesos de envejecimiento del destilado, se introdujeron 5 g de las distintas virtutas en recipientes de vidrio estéril, y se añadió a cada uno de ellos 1 L de pisco blanco. Las mezclas se dejaron macerar tapadas durante 30 días en una habitación a 20 °C y en oscuridad, con agitación manual diaria. Todos los experimentos de envejecimiento se llevaron a cabo por triplicado para cada uno de los siete tipos de madera.

Medida del color de las maderas. Parámetros RGB y diferencias con respecto al blanco

Para cuantificar el color de las maderas, se usó el sistema que se puede observar en la Figura 1, diseñado específicamente para fotografiar las virtutas de madera. Este sistema incluyó una cámara fotográfica (A) Canon EOS 800D (Tokio, Japón), una fuente de iluminación fija (B) y una cubierta (C) que impedía el paso de la luz desde el exterior hacia la zona de enfoque,

en la que se añadían las virutas a fotografiar (D). La cámara y la fuente de luz se encontraban fijas, de tal manera que se minimizaron los efectos producidos por los posibles cambios de iluminación en la zona de enfoque. Algunas fotografías tomadas a las virutas de madera pueden observarse en la Figura 2.

Una vez obtenidas las fotografías, mediante el software Adobe Photoshop CC 2019 (San José, Estados Unidos) se obtuvieron las coordenadas de color RGB de cinco puntos distintos de la viruta de madera. Este proceso se llevó a cabo con cinco virutas por cada tipo de madera, de tal manera que se obtuvieron veinticinco coordenadas RGB por cada madera estudiada.

Finalmente, a partir de esos valores RGB, se calcularon las diferencias de color mediante el parámetro CIEDE2000 de cada muestra con respecto a color blanco ($R = 255, G = 255, B = 255$), aplicando el procedimiento expuesto en la norma UNE-EN ISO 11664-6¹⁰.

Medida del color de los piscos envejecidos. Parámetros RGB y diferencias con respecto al pisco inicial

Para determinar la evolución del color producida en cada destilado tras los treinta días de envejecimiento, se llevó a cabo el procedimiento expuesto en la norma UNE-EN ISO 11664-3¹¹ para calcular los valores del espacio de color CIE-XYZ, aplicando un observador estándar de 2°¹² y un factor de iluminación estándar D65¹³. Para ello, se midieron los espectros de transmitancia entre las longitudes de onda de 830 nm y 360 nm, con una resolución de 1 nm de longitud de onda, con una velocidad de barrido de 600 nm/min, utilizando un espectrofotómetro Shimadzu UV-1900 (Kyoto, Japón).

Una vez obtenidos los parámetros de color CIE-XYZ, para realizar una comparación con los parámetros obtenidos para las virutas de madera, se obtuvieron a partir de ellos los valores RGB de cada una de las muestras envejecidas.

Finalmente, se aplicó el procedimiento expuesto en la norma UNE-EN ISO 11664-6¹⁰ para calcular las diferencias de color según el parámetro CIE-DE2000, comparando cada muestra envejecida con el color del pisco de partida. De esta manera, el valor de la diferencia de color se relaciona directamente con el color obtenido en el proceso de envejecimiento.

Análisis estadístico

Todos los procedimientos estadísticos y matemáticos fueron realizados con el software Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) y con el software Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, USA). Los cálculos de color fueron realizados mediante un fichero Excel previamente programado y que se encuentra disponible en la bibliografía.

RESULTADOS

Estudio inicial del color de la madera

Los valores obtenidos en el espacio de color RGB para cada tipo de madera estudiado, así como las diferencias de color con respecto al color blanco, se pueden observar en la Tabla 1.

Como era de esperar, la componente roja de la madera (R) siempre es mayor a las componentes verde (G) y azul (B), valores que se identifican con los colores marrones y pardos del espectro visible. La alta dispersión obtenida en cada una de las componentes para todas las maderas, así como los valores de diferencias de color con respecto al color blanco, puede explicarse por la alta variabilidad de colores que presenta la madera en toda su superficie.

Al comparar los resultados obtenidos para las distintas maderas, se puede observar que los valores RGB de dos de las tres maderas de Vosgues son muy parecidos entre ellos (VOS-1 y VOS-3), mientras que los valores RGB de la madera VOS-2 son diferentes. Esta diferencia se produce debido a que la madera VOS-2 tenía vetas visiblemente más oscuras que las maderas VOS-1 y VOS-3. Por lo tanto, a la vista de este resultado, se puede establecer que dos maderas procedentes del mismo bosque no tienen por qué ser idénticas, ya que muchos factores pueden afectar al crecimiento del árbol. Este resultado se encuentra en concordancia con los obtenidos por Gordon y col., que establecieron que la composición de cada zona del tronco depende de forma significativa de diversas condiciones como la exposición a la luz, la temperatura y la composición del suelo¹⁴, que pueden variar entre dos puntos distintos del mismo bosque.

De todas las maderas estudiadas, aquella que presenta menor color y tonalidades más claras es la que proviene del bosque de L'Yonne (YON), con una diferencia de color de $39,64 \pm 1,50$ unidades. Este resultado concuerda con las imágenes de las virutas que pueden verse en la Figura 2: la viruta de la madera del bosque de L'Yonne presenta un color más claro que el resto.

Estudio del color del destilado envejecido

Los parámetros RGB obtenidos para las muestras de pisco envejecidas, así como los valores de las diferencias de color CIEDE2000 con respecto al pisco inicial, pueden observarse en la Tabla 2. Al igual que ocurre con las maderas, los valores RGB de las muestras envejecidas denotan un color amarillo-marrón para todas las muestras, tal y como era de esperar para este tipo de bebidas alcohólicas.

Al comparar los piscos envejecidos con distintas maderas entre ellos, se obtienen tendencias idénticas a las obtenidas con los valores obtenidos para las virutas de madera: los piscos envejecidos con maderas de Vosgues presentan similitudes entre las muestras VOS-1 y VOS-3, aunque ambas se diferencian de forma significativa con respecto a la muestra envejecida con la madera VOS-2. Además, la madera del bosque de L'Yonne (YON) produce un pisco envejecido con un color menos intenso que el resto de las maderas estudiadas, con un valor de diferencia de color con respecto al pisco inicial de $10,46 \pm 0,05$ unidades.

Correlación entre los parámetros RGB de la madera y del pisco envejecido

Una vez se observó la clara tendencia entre el color de la madera y el color del destilado, se procedió a correlacionar los distintos parámetros de color (componentes R, G y B, y parámetro CIEDE2000) de cada tipo de muestra para comprobar si la tendencia obtenida era de tipo lineal.

Las correlaciones entre los parámetros de color R, G y B de la madera y del pisco envejecido pueden observarse en las Figuras 3A, 3B y 3C, respectivamente. A la vista de los resultados, no existe una correlación clara entre las componentes rojas (R) de los colores de la madera y de los destilados envejecidos, siendo el coeficiente de correlación entre estos datos de 0,567. Este resultado se debe principalmente a que la componente roja de los destilados es casi idéntica en todas las muestras, con valores cercanos a 255 (los valores máximos del espacio RGB), al contrario que para las maderas,

donde la dispersión de valores de esta componente es mayor. Los valores de esta componente varían desde el 100 ± 2 de la madera de Perseigne a 135 ± 5 de la madera de L'Yonne.

No obstante, sí se observa una buena correlación entre las componentes verde (G) y azul (B) de ambos tipos de muestra, con valores de R^2 de 0,883 y de 0,894 respectivamente. Los valores de estas componentes presentan una mayor dispersión entre las muestras estudiadas, estando comprendidos los valores de la G entre 80 ± 1 para la madera de Perseigne y 113 ± 6 para la madera de L'Yonne, y para la B los valores van desde el 64 ± 4 para la madera de Velaine y el 93 ± 5 para la madera de L'Yonne.

Estas correlaciones indican que cuanto más oscuro sea el color de la madera, más oscuro será el destilado envejecido en ella, y que los colores de las bebidas varían en la tonalidad obtenida según las tonalidades de la madera en la que se envejeczan.

Por último, se procedió a comparar el parámetro de color CIEDE2000 para ambos tipos de muestra, comparando las diferencias de color CIEDE2000 de la madera con respecto al blanco, y del pisco envejecido con respecto al pisco inicial. En este caso, tal y como se puede observar en la Figura 4, se obtiene la mejor correlación entre las muestras estudiadas, siendo el R^2 de 0,9950. El alto valor de coeficiente de correlación obtenido permite establecer que, al menos para las maderas estudiadas, existe una clara relación entre el color de la madera, frente al blanco, y la ganancia de color del destilado durante el envejecimiento.

Esta alta correlación entre los resultados obtenidos para las maderas y los obtenidos para el pisco envejecido puede explicarse por los distintos métodos de obtención de color de los alcoholes en el proceso de envejecimiento: A) algunos autores han relacionado los colores más oscuros de la madera con mayores cantidades de compuestos fenólicos extraíbles¹⁵, que producen sustancias coloreadas en las bebidas envejecidas a partir de reacciones químicas de oxidación y condensación que se llevan a cabo en el seno del líquido; B) los colores oscuros de la madera también pueden deberse a los compuestos furfúricos producidos en el tratamiento de tostado previo al envejecimiento, debido a reacciones de deshidratación de los monosacáridos que conforman las cadenas poliméricas de la hemicelulosa y la celulosa, que pueden ser extraídos por el destilado, y los dotan de tonalidades pardas; y C) otros compuestos coloreados de la madera pueden extraerse de forma directa por el destilado en procesos de solvatación.

Estos resultados nos muestran que las maderas más oscuras producen destilados envejecidos con colores intensos, y que las maderas claras nos darán destilados con menor intensidad de color, a igualdad de tipo de destilado, tiempo y mismas condiciones de envejecimiento.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha obtenido una clara correlación, con valores de R^2 de 0,9950, entre el parámetro CIEDE2000 obtenido para la evolución del color del pisco envejecido con respecto al pisco inicial y el obtenido por la diferencia de color de la madera utilizada para envejecer, con respecto al blanco. No obstante, las correlaciones entre las componentes R, G y B del color de ambos tipos de muestras obtuvieron valores de R^2 más bajos: 0,567, 0,883 y 0,894, respectivamente.

La correlación positiva entre los parámetros de ambos tipos de muestra deja constancia de que una mayor intensidad y oscuridad del color en las maderas que se utilicen para envejecer, produce colores más oscuros e intensos en los destilados envejecidos, lo cual se traduce en una sensación de calidad por parte del consumidor.

A la vista de estos resultados, las tonelerías podrían controlar aproximadamente cuán oscuro será el color de los destilados envejecidos con sus maderas simplemente midiendo el color de éstas, de tal manera que podrían ofrecer al público sus maderas según las necesidades de las empresas productoras de bebidas espirituosas.

AGRADECIMIENTOS

A los autores les gustaría agradecer a la Universidad de Cádiz por el contrato predoctoral FPU-UCA, concedido al autor Manuel J. Delgado González (2016-060/PU/EPIF-FPU-CT/CP). Asimismo, también nos gustaría agradecer a la empresa Bodegas Fundador, S.L.U. y a la Universidad de Cádiz por la financiación de la autora M. Guerrero Chanivet a través del proyecto titulado "Influencia de los tipos de Envinado de las Botas de Roble en las características organolépticas de los Brandies de Jerez" (TDI-8-18).

BIBLIOGRAFÍA

1. Schwarz M, Rodríguez M.C., Guillén D.A., Barroso C.G. Analytical characterisation of a Brandy de Jerez during its ageing. *Eur Food Res Technol.* 2011;232(5):813-819. doi:10.1007/s00217-011-1448-2
2. 2013 O-O 418. Guía práctica para la validación, el control de calidad y la estimación de la incertidumbre de un método de análisis enológico.
3. Wan X, Woods A, Seoul K-H, Butcher N, Spence C. When the shape of the glass influences the flavour associated with a coloured beverage: Evidence from consumers in three countries. *Food Qual Prefer.* 2015;39:109-116. doi:10.1016/j.foodqual.2014.07.004
4. Pentz C, Gerber C. The influence of selected senses on consumer experience: A brandy case. *Acta Commer.* 2013;13. doi:10.4102/ac.v13i1.183
5. Kosar KR. *Whiskey: A Global History.*; 2010.
6. Tennant D. Screening potential intakes of colour additives used in non-alcoholic beverages. *Food Chem Toxicol.* 2008;46:1985-1993. doi:10.1016/j.fct.2008.01.051
7. Luo Y, Li Z, Li X, et al. The production of furfural directly from hemicellulose in lignocellulosic biomass: A review. *Catal Today.* 2019;319:14-24. doi:https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.06.042
8. Malterud KE, Bremnes TE, Faegri A, et al. Flavonoids from the Wood of *Salix caprea* as Inhibitors of Wood-Destroying Fungi. *J Nat Prod.* 1985;48(4):559-563. doi:10.1021/np50040a007
9. Cadahía E, Muñoz L, De Simón BF, García-Vallejo MC. Changes in low molecular weight phenolic compounds in Spanish, French, and American oak woods during natural seasoning and toasting. *J Agric Food Chem.* 2001;49(4):1790-1798. doi:10.1021/jf0006168
10. UNE-EN ISO 11664-6.
11. UNE-EN ISO 11664-3.
12. UNE-EN ISO 11664-1.
13. UNE-EN ISO 11664-2.

14. Gordon D, Rosati A, Damiano C, Dejong T. Seasonal effects of light exposure, temperature, trunk growth and plant carbohydrate status on the initiation and growth of epicormic shoots in *Prunus persica*. *J Hortic Sci Biotechnol*. 2006;81. doi:10.1080/14620316.2006.11512083
15. Roque R, Soto R, Jimenez-Bonilla P, Tenorio C. Relationship Between Wood Color Parameters Measured by the CIELab System and Extractive and Phenol Content in *Acacia mangium* and *Vochysia guatemalensis* from Fast-Growth Plantations. *Molecules*. 2012;17:3639-3652. doi:10.3390/molecules17043639.

TABLAS

Tabla 1: Valores del espacio RGB obtenidos para las muestras de madera, y valor de la diferencia de color CIEDE2000 con respecto al blanco.

MUESTRA	R	G	B	CIEDE2000
VOS 1	112 ± 5	90 ± 5	69 ± 4	48,19 ± 2,40
VOS 2	101 ± 3	79 ± 4	57 ± 5	50,47 ± 2,14
VOS 3	113 ± 5	90 ± 4	67 ± 3	48,11 ± 2,23
YON	135 ± 5	113 ± 6	93 ± 5	39,64 ± 1,50
VEL	105 ± 6	81 ± 5	64 ± 4	45,31 ± 0,47
PER	100 ± 2	80 ± 1	65 ± 3	52,04 ± 2,36
AMB	101 ± 6	84 ± 5	67 ± 6	50,87 ± 2,50

Tabla 2: Valores del espacio RGB obtenidos para las muestras de pisco envejecidas, y valor de la diferencia de color CIEDE2000 con respecto al pisco de partida.

MUESTRA	R	G	B	CIEDE2000
VOS 1	254 ± 0	230 ± 0	165 ± 0	20,05 ± 0,10
VOS 2	254 ± 0	247 ± 1	229 ± 2	22,68 ± 0,11
VOS 3	255 ± 0	249 ± 0	236 ± 1	19,94 ± 0,10
YON	254 ± 0	246 ± 0	220 ± 0	10,46 ± 0,05
VEL	251 ± 0	221 ± 0	217 ± 1	15,77 ± 0,08
PER	248 ± 0	207 ± 0	118 ± 1	25,08 ± 0,12
AMB	250 ± 1	217 ± 1	139 ± 1	22,85 ± 0,11

FIGURAS

Figura 1: Sistema para fotografiar virutas de madera.

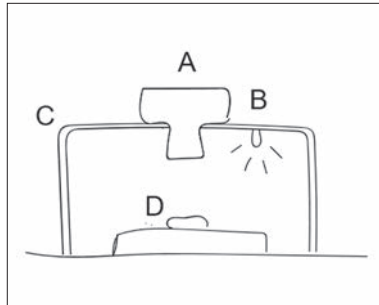


Figura 2: Fotografías tomadas de cada una de las maderas estudiadas.

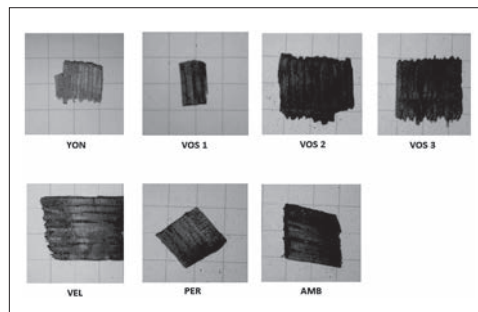


Figura 3: Comparativa de las componentes del espacio RGB de las virutas de madera con respecto a las componentes obtenidas para el pisco envejecido: A) componente R; B) componente G; C) componente B.

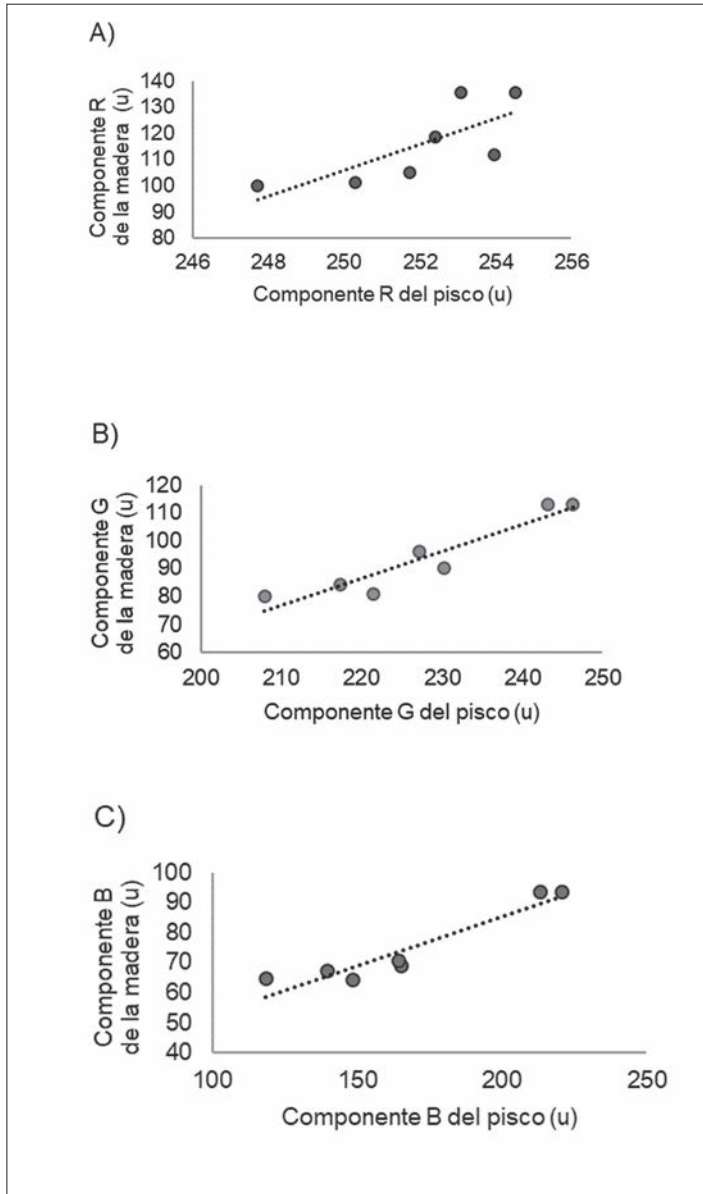


Figura 4: Comparativa de las diferencias de color entre el color de las vi-rutas de madera y el color blanco con respecto a la evolución del color del pisco envejecido.

