

**DETERMINATION OF THE COLOR OF RIOJA RED WINE
BY TRANS-REFLECTANCE**

**DETERMINACION DEL COLOR DEL VINO TINTO DE
RIOJA POR TRANS-REFLECTANCIA**

A.M. LOMAS, A.I. NEGUERUELA*, J.F. ECHAVARRI
*Laboratorio de Color de La Rioja. Departamento de Física.
Universidad de La Rioja. Av. de La Paz, 105. 26004 Logroño (España).*
* *Departamento de Física Aplicada. Facultad de Veterinaria.
Universidad de Zaragoza. Zaragoza (España).*

ABSTRACT

This article studies the color of several red wines under analogous conditions to those employed by the wine-taster. Measurements obtained using the proposed technique are compared with those obtained by means of the O.I.V. Official Method. The light reflected by the glass, the light scattered by the wine and the larger sample thickness in the employed method contribute to a change in the color measurements; wines are more purple and deeper in color.

RESUMEN

En este trabajo se estudia el color del vino tinto si se ilumina y observa en condiciones similares a aquellas en las que el vino se encuentra cuando lo mira el catador. Los resultados se comparan con los obtenidos al aplicar el Método Oficial de la O.I.V. y se comprueba que hay un cambio notable en el color. La luz reflejada por la copa, la dispersada por el vino y el mayor espesor de la muestra, en el primer método, hacen que los vinos parezcan más púrpuras y más oscuros.

1. INTRODUCCION

Mientras que los expertos dan un valor muy grande al color y el aspecto que presenta el vino observado al trasluz en una copa en el lugar de degustación (1), recibiendo tanto la luz transmitida como la reflejada por copa y vino, el método oficial para determinar el color del vino en España (2), basado en los métodos de la O.I.V. (3), establece que: "El color de los vinos debe determinarse por transparencia como se percibe por la vista, pero por un procedimiento independiente de la apreciación personal, valiéndose de métodos espectrofotométricos triestimulares de ordenadas seleccionadas de Hardy, basado en el sistema de la

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), con relación a la luz producida por un cielo nublado (iluminante C), y las medidas de transmitancia por espectrofotometría deben realizarse referidas a una cubeta de 1 cm de espesor".

Dada la diferencia entre este método y la observación del color en catavinos, junto con la influencia del espesor de líquido en el color (4), y teniendo en cuenta que el vino está hecho para ser consumido y apreciado y la cata permite formular el juicio más autorizado sobre su calidad, decidimos estudiar el color del vino por el método que denominamos de trans-reflectancia, habida cuenta que no encontramos en la bibliografía ningún trabajo así realizado.

2. MATERIALES Y METODOS

Las medidas por trans-reflectancia se realizaron mediante un espectrorradiancímetro SpectraScan PR 714 de Photo Research, con posibilidad de medir a través de un objetivo MS-55 o de una sonda de fibra óptica FP-701A expresamente calibrada para el aparato. Las medidas siguiendo el método oficial se realizaron con un espectrofotómetro Lambda 6, de Perkin Elmer, con un intervalo espectral de 200 a 900 nm y una resolución de 1nm. Se analizaron 47 muestras de vino tinto que se introdujeron en catavinos fabricados según la norma AFNOR (NF.V. 09-110) (1) para las medidas realizadas con el espectrorradiancímetro, y en cubetas pareadas de cuarzo, planoparalelas, de 0.2 cm de espesor, para las medidas con el espectrofotómetro.

Método de trans-reflectancia:

Se diseñó un sistema de iluminación que proporcionara unas condiciones de iluminación y visión lo más parecidas posible a las que tiene un observador cuando mira el vino en una copa al trasluz y con luz incidente por delante. Para ello, se construyó una base con tres bombillas tipo SOFTONE de Philips de 100 w cada una, utilizadas normalmente en iluminación, formando un triángulo equilátero de 38 cm de lado; dentro de él, y con su centro equidistante de las tres bombillas, se situó la base de una pantalla cilíndrica de color blanco mate, de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura, con una abertura de dimensiones 7.5 x 5.5 cm diametralmente opuesta a una de las bombillas. Las medidas se realizaron a través de dicha abertura.

Aunque éstas no son las condiciones de iluminación y observación establecidas por la CIE para muestras transparentes, la geometría utilizada ha tenido como finalidad poder comparar el método oficial con el usual de observación de los catadores.

El catavino se llenó hasta los 2/3 de su altura, y se colocó en el interior de la zona limitada por la pantalla, justo detrás de la ventana practicada en ella. Las medidas se tomaron a la mitad de la altura del vino, donde correspondía un espesor de unos 6.5 cm, situando el objetivo a 25 cm de distancia de la copa, y la sonda en contacto con el catavino (Fig. 1).

El conjunto se colocó en el interior de una cabina de iluminación SpectraLight de Macbeth, con el fin de proteger el sistema de la luz exterior y proporcionar un ambiente gris neutro. La temperatura de color de las bombillas, a través de la pantalla, era de 2630 K, próxima a la del iluminante A, y la luminancia, 1353,

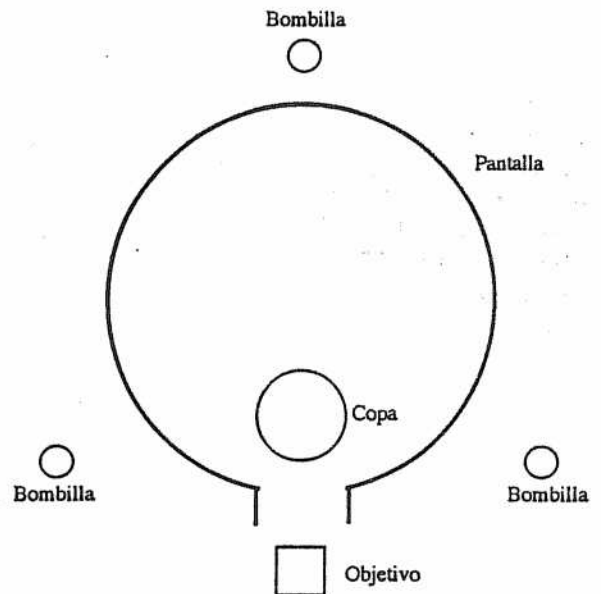


Fig. 1.— Esquema del montaje empleado al realizar las medidas con objetivo.

261.9 y 1595 cd/m^2 , con una, dos y tres bombillas, respectivamente.

Para todas las medidas se tomó como blanco de referencia agua destilada en el catavino. En los cálculos colorimétricos se emplearon el iluminante A y el observador patrón CIE 1964, por ser los que mejor se adaptan a la iluminación de las bodegas y al ángulo de observación de la copa. Las medidas fotométricas se hicieron entre 380 y 780 nm, con intervalos de 4 nm impuestos por el espectrorradiancímetro, y la precisión alcanzada por éste en las medidas de cromaticidad y luminancia fué de 4 cifras significativas.

Al iluminar con la bombilla trasera, el objetivo recogía la luz transmitida regularmente mientras que la sonda recogía la luz transmitida total (regular más difusa). Al iluminar con las dos bombillas delanteras, el objetivo recibía la luz difundida por el vino y el vidrio, y la sonda sólo la difundida por el vino. Por último, al utilizar las tres bombillas a la vez, se superponían los efectos anteriores.

Método oficial:

De acuerdo con el método oficial para determinar el color del vino en España, y siguiendo las normas de la CIE, se midió el espectro de absorbancias del vino en el

espectro visible, referido a 1 cm de espesor, a intervalos de 10 en 10 nm y, a partir de él, se calcularon los parámetros de color.

Aunque el método oficial de determinación del color del vino indica que se debe utilizar el iluminante C y el observador patrón CIE 1931, los valores de los triestímulos se han calculado con el iluminante A y el observador patrón CIE 1964 para comparar resultados con el espectrorradiómetro.

3. RESULTADOS

3.1. Método oficial e iluminación con la bombilla trasera

Se aprecia una correlación lineal alta entre los valores triestímulos X_{10} y X_{1s} ($r^2 = 0,953$) y entre Y_{10} e Y_{1s} ($r^2 = 0,944$), y algo menor entre Z_{10} y Z_{1s} ($r^2 = 0,782$), donde con el primer subíndice se indica el número de bombillas con que se ha iluminado la muestra y con el segundo, el accesorio con el que se han realizado las medidas (o—objetivo, s—sonda); r^2 es el coeficiente de determinación (cuadrado del coeficiente de correlación).

Los valores triestímulos X e Y calculados a partir de las medidas con uno u otro accesorio son similares, aunque los valores obtenidos con la sonda son ligeramente menores; por el contrario, los valores del triestímulo Z son siempre mayores al medir con ella, lo cual indica que es mayor la componente de luz azul recibida en este caso. Esto puede explicarse por el hecho de que la sonda recibe la componente difusa de la luz transmitida en mayor proporción que el objetivo, y esta componente tendrá bastante azul en el caso del vino, que transmite mayoritariamente luz roja.

Si se representan en un diagrama cromático (x,y) los colores de los diferentes vinos, los calculados con las medidas hechas con objetivo o sonda y los obtenidos a partir de las medidas realizadas con el espectrofotómetro, aparecen dos grupos de puntos claramente diferenciados según el instrumento de medida utilizado (Fig. 2). Por un lado están los puntos obtenidos con el espectrofotómetro, agrupados formando una recta, y por otro, los medidos con el espectrorradiómetro que se agrupan en una zona distinta; sin embargo, se pueden diferenciar los obtenidos a través del objetivo que se sitúan también alrededor de una recta, de los obtenidos con la sonda cuya dispersión es bastante mayor, debido a las distintas cantidades de luz difundida en cada caso.

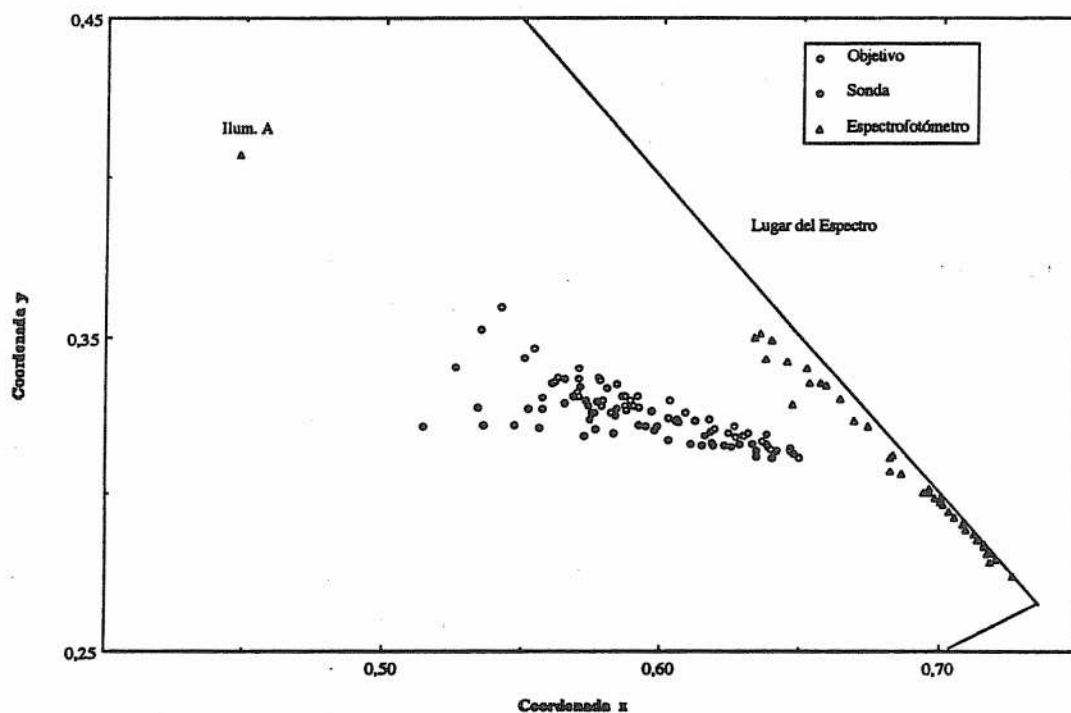


Fig. 2.— Diagrama (x, y) para los vinos medidos con espectrofotómetro, con objetivo y sonda e iluminados con la bombilla trasera.

Al traducir estos resultados a longitudes de onda dominantes, se encuentra que: a) al ser medidos con objetivo, varios vinos presentan valores correspondientes a longitudes de onda dominantes en el rojo; b) al ser medidos con sonda, sólo tres de ellos las mantienen en ese color y el resto tienen longitudes de onda complementarias en la zona de 500 nm. Aunque las coordenadas de color sean muy parecidas en ambos casos, al estar utilizando el iluminante A cuyas coordenadas cromáticas son: ($x_A = 0,4476$, $y_A = 0,4075$), un pequeño cambio en la pendiente de la recta que une el punto representativo del iluminante con el punto representativo del vino, hace que esta recta corte a la línea del espectro o a la línea de los púrpuras.

En el espacio CIELAB, se encuentra que el valor de L^* es bajo en los vinos cuya medida se realizó con sonda y objetivo: $0,8 < L^* < 17$ en el primer caso y $1 < L^* < 14$ en el segundo, mientras que los mismos vinos medidos con espectrofotómetro tienen valores de L^* comprendidos entre 6 y 54.

La Figura 3 representa estos colores en un diagrama a^*b^* . Se comprueba que existen correlaciones lineales altas entre las coordenadas obtenidas a partir de las medidas efectuadas con objetivo y sonda, siendo $r^2 = 0,929$ para la correlación entre las coordenadas a^*_{1o} y a^*_{1s} , con $a^*_{1s} > a^*_{1o}$, mientras que $r^2 = 0,785$ para la correlación entre las coordenadas b^*_{1o} y b^*_{1s} , donde $b^*_{1s} < b^*_{1o}$.

También se observa que los colores que corresponden a los vinos medidos con sonda u objetivo son poco saturados por ser muy oscuros; por el contrario, los que corresponden a las medidas con espectrofotómetro son rojos vivos, debido al pequeño espesor de vino en la cubeta que permite el paso de mayor cantidad de luz.

3.2. Iluminación con las dos bombillas delanteras

La correlación entre los valores triestímulos X_{2o} y X_{2s} no es demasiado alta ($r^2 = 0,779$), y aún es menor entre Y_{2o} e Y_{2s} ($r^2 = 0,631$).

Se encuentra que los valores triestímulos X e Y son siempre mayores con el objetivo que con la sonda, debido a la luz difundida por la cara anterior de la copa, mientras que los valores del triestímulo Z no guardan correlación alguna.

Representando los colores de los vinos en el diagrama cromático (x,y), pueden verse dos grupos de puntos claramente diferenciados (Fig. 4). La parte superior corresponde a las medidas realizadas con el objetivo, y la inferior, a las efectuadas con la sonda.

A pesar de que las coordenadas de color son muy parecidas en ambos casos, aparecen diferencias en el color de los vinos según el accesorio empleado. A los vinos medidos con objetivo les corresponde una longitud de onda dominante en la zona del rojo entre 600 y 650 nm; sin embargo, los vinos medidos con sonda presentan longitudes de onda complementarias hacia los 500 nm. Esto se debe a que la parte de luz proveniente de la reflexión difusa en la copa tiene una fuerte componente rojiza propia de las lámparas de iluminación.

Las coordenadas a^*_{2s} y a^*_{2o} tienen correlación lineal alta ($r^2 = 0,926$) y, en general, son mayores con la sonda que con el objetivo. La correlación es menor para las coordenadas b^*_{2s} y b^*_{2o} ($r^2 = 0,624$), siendo siempre $b^*_{2s} < b^*_{2o}$, lo que nos indica que hay más componente amarilla (menos azul) en las medidas con objetivo. Por otra parte, son más claros los vinos medidos con objetivo que con sonda.

3.3. Iluminación con las tres bombillas

El instrumento de medida recibe simultáneamente luz transmitida y reflejada (método de trans-reflectancia propiamente dicho). Al medir con objetivo, se recibe luz transmitida regularmente y luz reflejada difusamente en la dirección de observación por la copa y el vino. Si el accesorio empleado es la sonda, se recibe luz transmitida regularmente y luz dispersada por el vino. Existe correlación lineal alta entre los valores triestímulos X_{3s} y X_{3o} ($r^2 = 0,900$), y lo mismo ocurre entre Y_{3s} e Y_{3o} ($r^2 = 0,866$). En ambos casos, es siempre menor el valor obtenido con la sonda que con el objetivo.

Por el contrario, los triestímulos Z_{3s} y Z_{3o} no guardan correlación, siendo siempre mayor el valor alcanzado al medir con la sonda que con el objetivo. Como se está empleando de nuevo la bombilla trasera, la luz difundida por el vino, azul, que se recoge con la sonda, hace que aumente el valor de este triestímulo al medir con dicho instrumento.

Si se representan en un diagrama cromático (x,y) las coordenadas de color de los diferentes vinos cuando éstos se han medido con objetivo y sonda, respectivamente, los puntos que corresponden a las medidas efectuadas con sonda aparecen más dispersos y sus coordenadas son menores que las correspondientes al medir con objetivo. Al ser medidos con sonda, los vinos presentan —salvo excepciones— longitudes de onda dominantes complementarias en la zona de 500 nm, mientras que al medirlos con objetivo, aproximadamente la mitad la tienen en esa zona y el resto en la zona del rojo entre 600 y 700 nm.

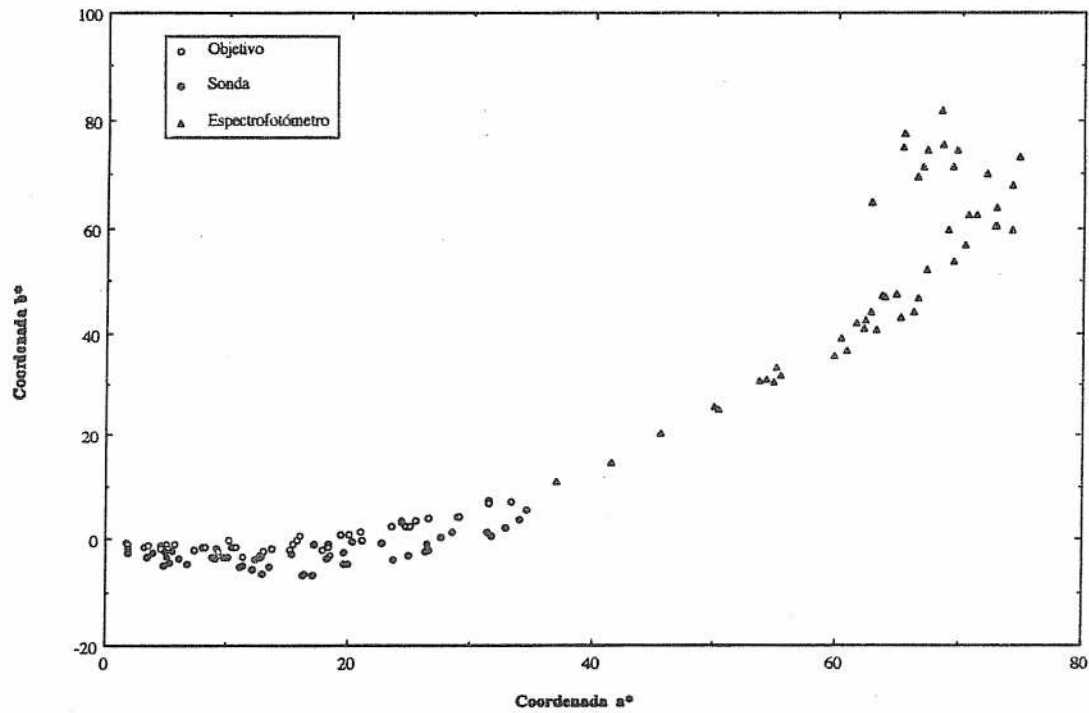


Fig. 3.— Diagrama a^*b^* para los vinos medidos con espectrofotómetro, con objetivo y sonda e iluminados con la bombilla trasera.

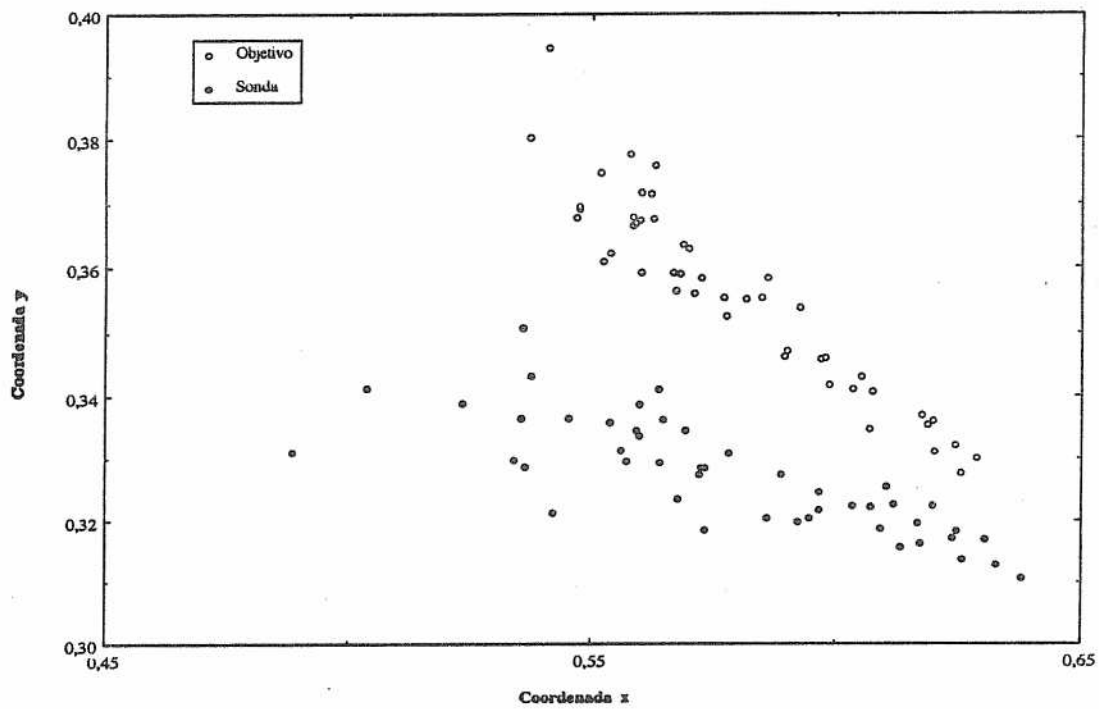


Fig. 4.— Diagrama (x,y) para los vinos medidos con objetivo y sonda e iluminados con las dos bombillas delanteras.

En el diagrama a^*b^* tampoco hay una separación clara entre los puntos que corresponden a las medidas realizadas con sonda u objetivo. Si se comparan las coordenadas entre sí, se tiene que: $a^*_{3s} > a^*_{3o}$ y $b^*_{3s} < b^*_{3o}$.

Los valores de L^* pueden ser mayores o menores con objetivo que con sonda.

4. RELACION ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS AL ILUMINAR CON 1, 2 Y 3 BOMBILLAS

4.1. Valores triestímulos

De los resultados analizados anteriormente, puede deducirse que cualquier valor triestímulo X, Y ó Z, es más bajo cuando el vino se ha iluminado con dos bombillas que cuando se ha iluminado con una y, al iluminar con las tres, toma un valor que tiende a la suma de los dos anteriores. Las ecuaciones que relacionan cada uno de los valores triestímulos al iluminar con tres bombillas y la suma de los correspondientes al iluminar con una y dos, así como el error standard, se muestran a continuación:

$$X_{3o} = 0,946 (X_{1o} + X_{2o}) \quad \sigma = 0,011$$

$$Y_{3o} = 0,949 (Y_{1o} + Y_{2o}) \quad \sigma = 0,010$$

$$Z_{3o} = 0,974 (Z_{1o} + Z_{2o}) \quad \sigma = 0,017$$

$$X_{3s} = 0,970 (X_{1s} + X_{2s}) \quad \sigma = 0,009$$

$$Y_{3s} = 0,976 (Y_{1s} + Y_{2s}) \quad \sigma = 0,010$$

$$Z_{3s} = 1,000 (Z_{1s} + Z_{2s}) \quad \sigma = 0,018$$

Es decir, el valor triestímulo X, Y ó Z, que se obtiene al medir el vino cuando está iluminado con tres bombillas no es exactamente la suma de los valores obtenidos al medirlo iluminando con una y dos, pero sí se nota un fuerte efecto aditivo, independientemente de que se haya medido con objetivo o sonda.

4.2. Coordenadas de color

Espacio x, y, Y

Los valores que toman las coordenadas x e y cuando se ha iluminado con tres bombillas son intermedios a los

obtenidos al iluminar con una o con dos, lo cual confirma que los colores obtenidos con tres bombillas se pueden conseguir por combinación de los colores con una y dos, si bien no será a partes iguales. La Figura 5 muestra estos resultados al medir con objetivo. Las coordenadas de las medidas efectuadas con sonda están más solapadas. Al iluminar con tres bombillas, el número de vinos con longitud de onda dominante en el rojo es intermedio al número de los que la tienen en esa zona al ser iluminados con una o dos.

Espacio CIELAB

También en un diagrama a^*b^* , las coordenadas de los vinos al ser iluminados con tres bombillas son intermedias a las obtenidas iluminando con una o con dos. El valor de L^*_{3o} es siempre menor que la suma $L^*_{1o} + L^*_{2o}$, y lo mismo ocurre con L^*_{3s} y $L^*_{1s} + L^*_{2s}$ (Fig. 6). La relación entre las tres coordenadas y el error standard vienen dados por:

$$L^*_{3o} = 0,364 (L^*_{1o} + L^*_{2o}) \quad \sigma = 0,008$$

$$L^*_{3s} = 0,450 (L^*_{1s} + L^*_{2s}) \quad \sigma = 0,008$$

5. CONCLUSIONES

Hay una notable diferencia en el color del vino cuando éste se determina por el método oficial o por el método de trans-reflectancia, como cabía esperar. A ello contribuyen los diferentes espesores de vino y la luz reflejada en la copa.

Al medir sólo luz transmitida, las coordenadas de color de los vinos aparecen en zonas separadas de los diagramas (x,y) y a^*b^* según se hayan medido con espectrofotómetro o espectrorradiancímetro; los vinos medidos por el método oficial tienen longitud de onda dominante en la zona del rojo y valores altos de L^* , mientras los medidos con el espectrorradiancímetro pueden tener la longitud de onda dominante en el rojo o ser púrpuras con longitud de onda complementaria en la zona de 500 nm, si se ha utilizado objetivo, y sólo complementaria, en la misma zona, si se ha empleado la sonda, y los valores de L^* son bajos, es decir, los colores son más oscuros. Estas diferencias en el color se deben, evidentemente, al distinto espesor de la muestra de vino y a la luz difundida por éste. Además, los colores medidos con sonda tienen más componente roja y más componente azul que los medidos con objetivo.

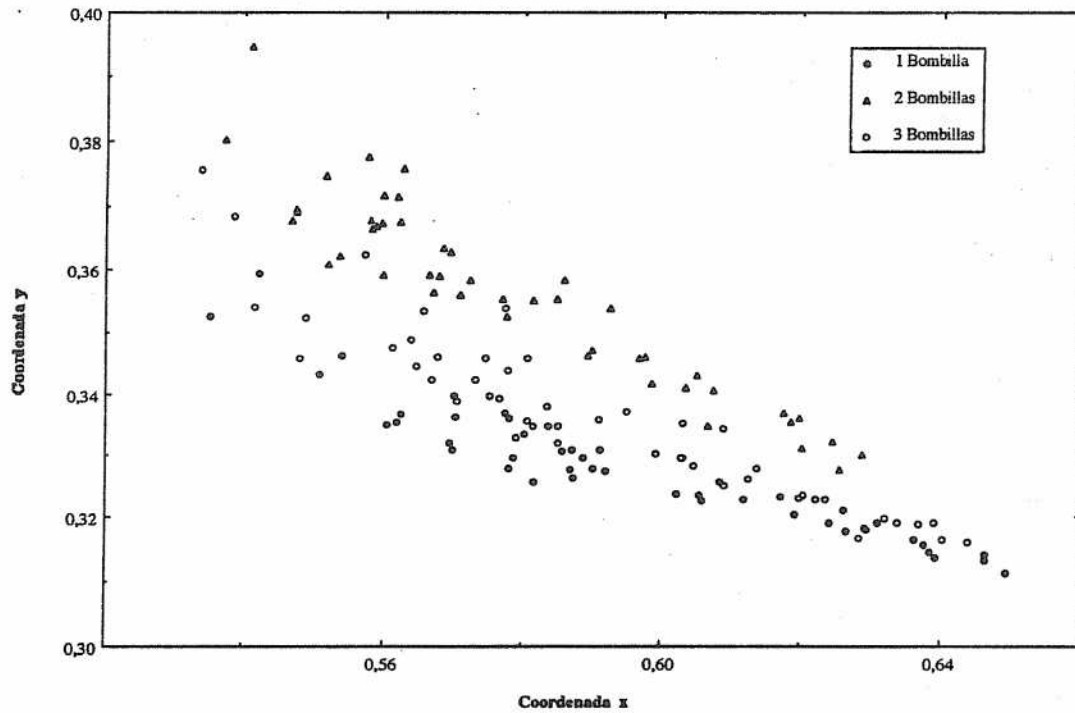


Fig. 5.— Diagrama (x,y) de los vinos medidos con objetivo e iluminados con una, dos y tres bombillas.

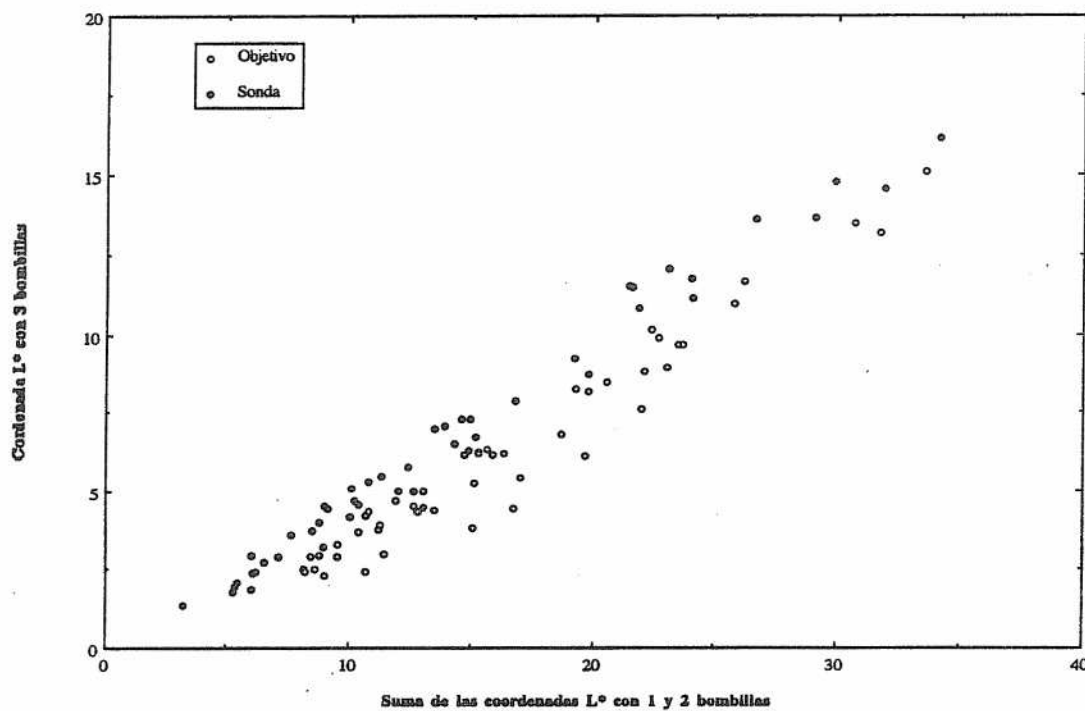


Fig. 6.— Suma de las coordenadas L^*_1 y L^*_2 frente a L^*_3 , obtenidas al medir con objetivo y sonda.

Si se mide la luz reflejada, los resultados difieren notablemente según el accesorio utilizado. En las medidas efectuadas con objetivo, la reflexión en la copa de la luz procedente del sistema de iluminación hace que el vino tenga más componente rojiza; y en las llevadas a cabo con sonda, aparece más componente azul y, por tanto, el vino es más púrpura.

Al iluminar con las tres bombillas, midiendo simultáneamente las luces transmitida y reflejada, se superponen los resultados de los apartados anteriores. El color de los vinos se representa, tanto en el diagrama (x,y) como en el a^*b^* , en una zona situada entre las obtenidas al iluminar con una y dos bombillas, reforzando la idea de mezcla de colores. Las longitudes de onda dominantes no están definidas claramente como rojos, tal y como resulta por el método oficial, sino que un buen número de vinos se clasifican como rojos púrpura. Empleando este método de iluminación, los valores de L^* son mucho más bajos que con el método oficial y los vinos se muestran más oscuros.

Comparando los parámetros de color obtenidos mediante el método oficial y el de trans-reflectancia (3 bombillas - objetivo), se encuentra que las correlaciones existentes para cada uno de ellos son de segundo grado y los coeficientes de determinación son superiores a 0,9 para las coordenadas x e y, están alrededor de 0,7 para los valores triestímulos X e Y y las coordenadas L^* y a^* , y son inferiores a 0,5 para Z y b^* .

De todo ello, se puede concluir que los resultados obtenidos por el método oficial no se corresponden directamente con la observación visual, a la que trata de simular el método de trans-reflectancia, pero son totalmente válidos para el control del color de los vinos.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (C.I.C.Y.T.) del Ministerio de Educación y Ciencia, mediante los proyectos CA 89-023 y CA 90-019.

BIBLIOGRAFIA

1. E. PEYNAUD: "Enología práctica" (Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 1984).
2. Métodos de análisis de productos derivados de la uva, 3(a). Color. B.O.E. (14-10-1981).
3. Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des Vins. AO. 1-14 (1969).
4. A.I. NEGUERUELA y J.F. ECHAVARRI: "Determinación del color del vino". 1ª Reunión Nal. de Optica. (Madrid, 1988).
5. A.I. NEGUERUELA y J.F. ECHAVARRI: *Opt. Pur. Apl.*, 22, 95 (1989).

★ ★ ★