

MEDIDA DE COLOR DE
PÉLICULAS DE PINTURA *

Dr. Walter O. Bruzzoni **

Ing. Quím. Jorge F. Giunta

- * Una comunicación sobre este trabajo fué presentada al XI Simposio de Alterabilidad de Materiales, La Plata, 1971.
- ** Jefe de la División Pinturas del LEMIT.

INTRODUCCION

Las exigencias de una tecnología en constante avance en el campo de los materiales de recubrimiento han creado la necesidad de emplear métodos cada vez más precisos en el control de las diferentes características de los productos.

Uno de los factores importantes que condicionan la capacidad decorativa de una cubierta protectora es la permanencia del color original durante la vida útil de la misma.

La determinación práctica del color de una película se realiza corrientemente por comparación visual frente a colores patrones (cartas de colores) (1, 2, 3) o a muestras tipo. Estos métodos dan lugar a frecuentes discrepancias debido a su falta de precisión, al estar influenciados por varias fuentes de error, entre las que merecen citarse las condiciones particulares del operador, las variaciones en las condiciones de iluminación y observación, etc.

Por ese motivo se han adoptado métodos de medición más exactos. Los mismos fijan las características de las fuentes de iluminación, condiciones de exposición y de observación, etc. (4) y han posibilitado la construcción de dispositivos fotoeléctricos adecuados que conducen a parámetros reproducibles y significativos, existiendo una relación directa entre un color dado y dichos parámetros (5, 6).

El color puede ser definido como un atributo de la experiencia visual, que permite describir sus dimensiones, matiz o tinte (hue), luminosidad (lightness) y saturación (saturation), siendo los restantes aspectos de la experiencia visual la extensión y la duración.

Para nosotros el color significa un cierto tipo de luz y su efecto sobre el ojo humano, y lo que es más importante aún, la percepción de dicho efecto por la mente. Es decir, el color es la resultante de las modificaciones físicas de la luz por colorantes (objetos físicos) observadas por el ojo humano e interpretadas por la mente.

De allí que en el estudio del color puedan diferenciarse tres tipos de características o propiedades: físicas, psicológicas y psicofísicas.

Las características físicas no tienen ninguna relación con el observador y pueden ser evaluadas por un sistema óptico adecuado (espectrofotómetro → curva espectral). Las psicológicas, por el contrario, son eminentemente subjetivas, y al depender directamente del observador no pueden ser determinadas (ojo humano → percepción del color de la superficie). Por último, las características psicofísicas, que resultan ser intermedias entre ambas, pueden ser evaluadas, pero su significado es psicológico (colorímetro triestímulo → valores triestímulo X, Y, Z).

Hunter (7) describe los atributos psicológicos del color mediante los siguientes términos:

Luminosidad (lightness): es el atributo que permite clasificar a una superficie de color como equivalente a un gris de la serie que va del blanco al negro.

Saturación (saturation): es una propiedad de la superficie coloreada que nos da la diferencia de color con respecto al gris de la misma luminosidad.

Matiz o tinte (hue): es un atributo que permite identificar al rojo, verde, azul, amarillo, púrpura, o uno intermedio.

Cromaticidad (chromaticness): está determinada por la combinación matiz-saturación en una misma propiedad.

Se conocen diferentes sistemas de color o espacios de color, que son sistematizaciones tendientes a facilitar el estudio de este tema. Uno de ellos es el sistema CIE (8).

El Comité de Colorimetría de la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) ha normalizado en dicho sistema tres componentes de la experiencia visual, para ser utilizados en colorimetría (9). Los mismos son la fuente de iluminación, el observador y las condiciones de iluminación y recorrido de los rayos luminosos.

Como fuentes fueron fijadas tres iluminaciones standard designadas como fuentes CIE A, B y C, cuya definición espectral se puede consultar en "Measurement of color" (10): la

fuente A representa una luz artificial promedio; la fuente B, la luz solar de mediodía; y la fuente C, la luz promedio de un día completamente nublado.

La elección de la fuente de iluminación se hace de acuerdo a las condiciones de exposición a que estará sometida la superficie de color. Para determinar apariencia de objetos se utiliza la fuente C, cuya energía corresponde a la del cuerpo negro a una temperatura de 6740 °K.

Al observador standard se lo define en término de tres funciones de la longitud de onda, \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} .

Las condiciones de iluminación y recorrido de los rayos luminosos, para el caso de apariencia de objetos, son incidencia a 45° y reflexión normal a la superficie de color.

La CIE fija tres parámetros a los cuáles se pueden reducir las observaciones realizadas en las condiciones establecidas. Son los valores triestímulo, definidos matemáticamente de la siguiente manera:

$$X = \frac{\int_0^{\infty} \bar{x}_{\lambda} C_{\lambda} R_{\lambda} d\lambda}{\int_0^{\infty} \bar{y}_{\lambda} C_{\lambda} d\lambda} \quad Y = \frac{\int_0^{\infty} \bar{y}_{\lambda} C_{\lambda} R_{\lambda} d\lambda}{\int_0^{\infty} \bar{y}_{\lambda} C_{\lambda} d\lambda}$$

$$Z = \frac{\int_0^{\infty} \bar{z}_{\lambda} C_{\lambda} R_{\lambda} d\lambda}{\int_0^{\infty} \bar{y}_{\lambda} C_{\lambda} d\lambda}$$

en donde:

\bar{x}_{λ} , \bar{y}_{λ} , \bar{z}_{λ} son funciones de distribución que representan montos de colores o estímulos CIE primarios, requeridos por el observador CIE standard para lograr el color entre bandas de longitud de onda correspondientes al espectro visible en el espectro equienergético;

C_λ es el flujo radiante espectral correspondiente a la fuente CIE;

R_λ es la reflectancia espectral del objeto;

λ es la longitud de onda.

Los rangos de dispersión de los valores triestímulo son:

X: 0 - 98

Y: 0 - 100

Z: 0 - 118

La fotolorimetría triestímulo resuelve los problemas de color basándose en dos principios muy relacionados entre sí. El primero establece que un color puede ser comparado con una cierta mezcla de tres radiaciones seleccionadas llamadas primarias. El segundo principio dice que si dos colores son comparados sucesivamente por mezcla de estas tres radiaciones, cuando los dos colores en forma simultánea son mezclados aditivamente por medios ópticos adecuados, pueden ser comparados con la suma de las dos mezclas de radiaciones primarias combinadas en forma similar.

Sean R (rojo), V (verde) y A (azul) las tres luces primarias, y sea M un color cualquiera. Si para obtener éste necesitamos la mezcla

$$M = 50 (A) + 40 (V) + 10 (R)$$

el color puede ser descrito simplemente del siguiente modo:

$$A = 50$$

$$V = 40$$

$$R = 10$$

siendo A, V y R los valores triestímulo equivalentes a X, Y, Z.

Los fotolorímetros triestímulo utilizados para medir color de superficies opacas proveen los elementos espectrales equivalentes a la combinación observador CIE standard-fuente de iluminación CIE C.

Hunter (7) resolvió el problema disponiendo de una fuente de luz, a la que agrega un filtro y una fotocélula. El objetivo es entonces obtener una combinación fuente-filtro-fo-

fotocélula espectralmente equivalente a la respuesta del observador standard combinado con la fuente CIE C.

Matemáticamente debe verificarse que:

$$X = \bar{x} E_c = k_1 E_1 T_1 S$$

$$Y = \bar{y} E_c = k_2 E_1 T_2 S$$

$$Z = \bar{z} E_c = k_3 E_1 T_3 S$$

en donde:

\bar{x} \bar{y} \bar{z} funciones de la respuesta del observador CIE standard;

k constante de proporcionalidad;

E_c energía espectral de la fuente C;

E_1 energía espectral de la fuente del instrumento;

T transmitancia espectral de los filtros ideales; y

S respuesta espectral de la fotocélula.

PARAMETROS UTILIZADOS EN LA MEDIDA DE
COLOR Y DIFERENCIA DE COLOR (CIE, 1931)

Espacio de color

El color de las especies opacas se puede representar (fig. 1) en un espacio de tres ejes coordenados que son la luminosidad Y y las coordenadas cromáticas x y (4, 11).

Las coordenadas cromáticas están definidas como el monto de cada uno de los tres estímulos primarios, expresados como fracción del total. Matemáticamente resulta:

$$Y = Y \quad x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

La luminosidad es directamente el valor triestímulo Y.

Una completa descripción de un color en el espacio de color CIE incluye Y, x, y. La tercera coordenada cromática z queda implícitamente determinada, ya que se debe verificar la siguiente igualdad:

$$x + y + z = 1$$

En la fig. 2 está representado un plano cromático x y para un valor constante de la luminosidad Y.

Diferencias de color

Para cuantificar diferencias de color entre muestras, se acostumbra usar un valor representativo de esa diferencia. Hay distintas escalas para evaluar diferencias de color. En el presente trabajo se ha empleado la de Hunter(11) que define \vec{E} como el vector de diferencia de color, siendo:

$$\vec{E} = \Delta \vec{a} + \Delta \vec{b} + \Delta \vec{L}$$

con módulo

$$\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{\frac{1}{2}}$$

donde Δa y Δb representan el incremento o la disminución de los índices de cromaticidad, y ΔL la diferencia de índice de luminosidad.

Los mismos se definen:

$$\Delta L = L_1 - L_0$$

$$\Delta a = a_1 - a_0$$

$$\Delta b = b_1 - b_0$$

donde:

$$a = 1,75 K f_y (1,020 X - Y)$$

$$b = 0,70 K f_y (Y - 0,847 Z)$$

$$f_y = \frac{0,51 \cdot (21 + 0,2 Y)}{(1 + 0,2 Y)}$$

$$K = \frac{1}{f_y Y^{1/2}}$$

correspondiendo el subíndice 0 al patrón y el subíndice 1 a la muestra, o bien al original y al envejecido, respectivamente.

El significado geométrico del vector diferencia de

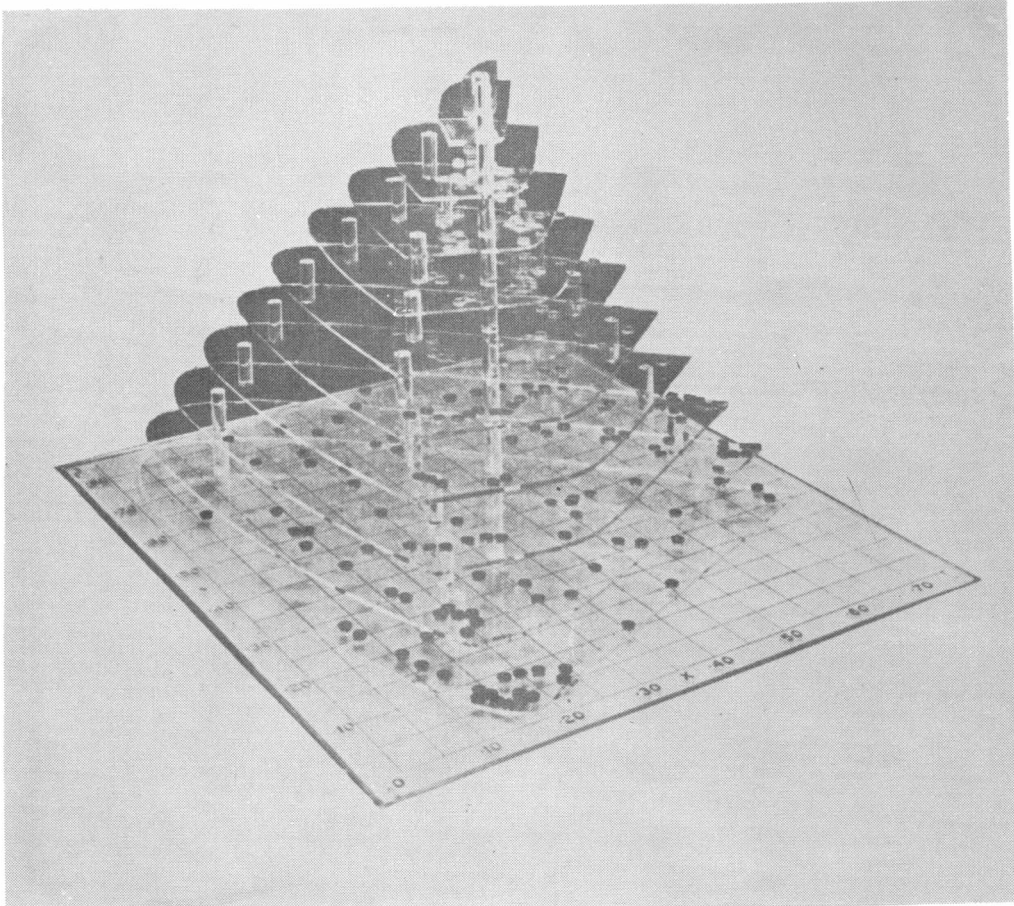


Fig. 1

Sólido de color

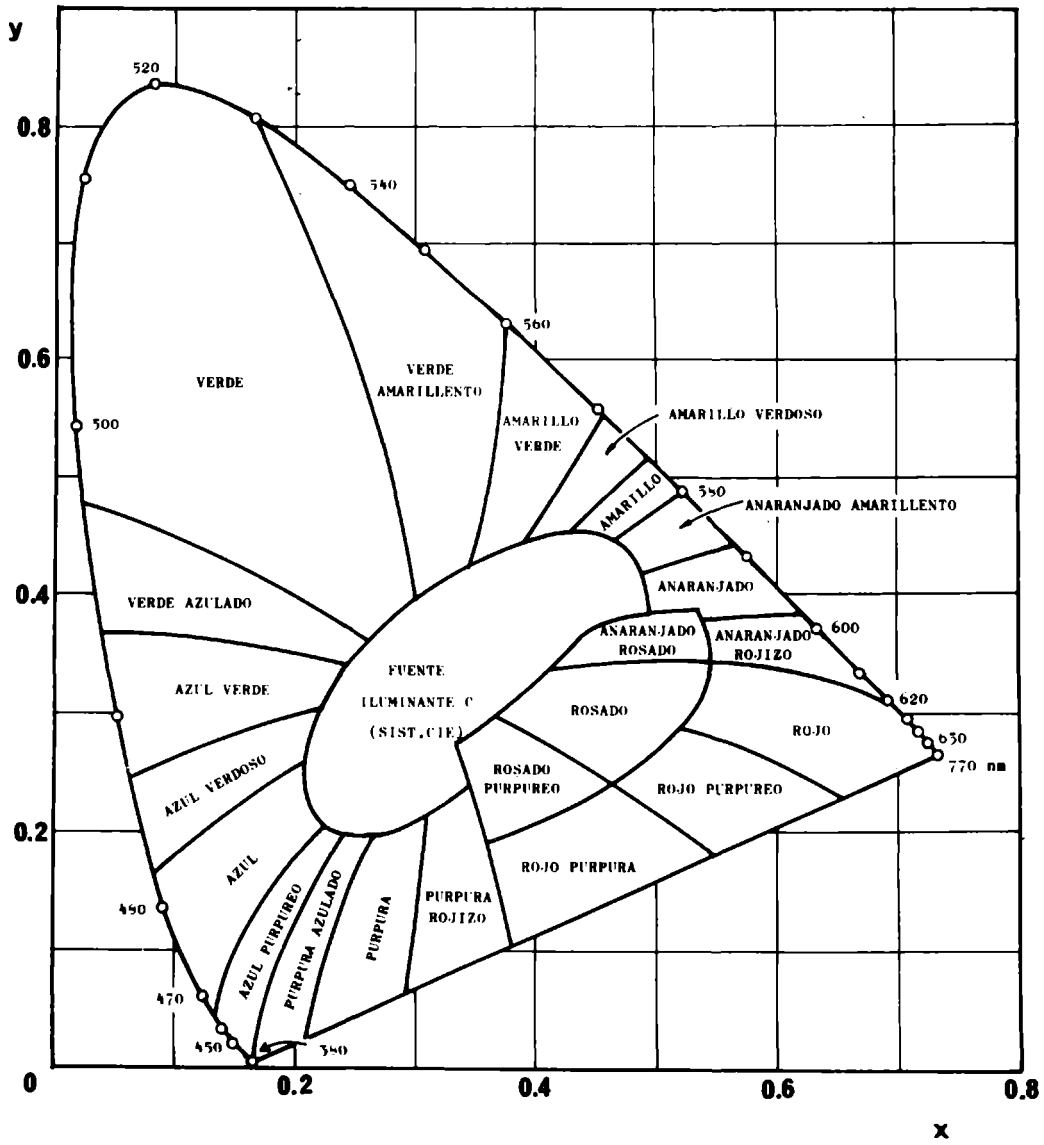


Fig. 2

Diagrama de cromaticidad CIE

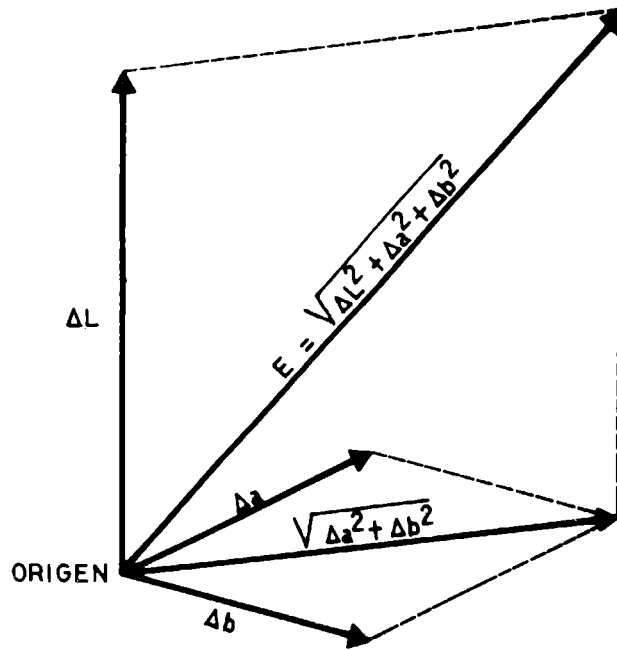


Fig. 3

Significado geométrico del vector diferencia de color.

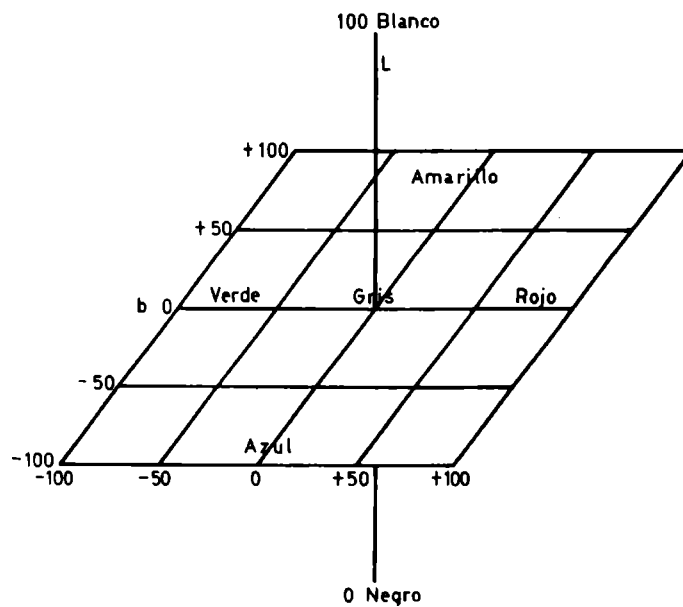


Fig. 4

Diagrama de las dimensiones de color L, a, b



Fig. 5.- Aparato Gardner para medida de color de películas de pintura

color es el que se representa en la fig. 3.

Generalmente las diferencias de color se representan con el escalar ΔE .

El signo de los incrementos de los índices tiene el sentido físico que se indica a continuación:

+ ΔL	más claro
- ΔL	más oscuro
+ Δa	menos verde (más rojo)
- Δa	menos rojo (más verde)
+ Δb	menos azul (más amarillo)
- Δb	menos amarillo (más azul)

La variación de los parámetros a, b, L está esquemáticamente representada en la fig. 4

PARTE EXPERIMENTAL

Mediante las experiencias y determinaciones realizadas aplicando la colorimetría triestímulo, se persigue como objetivo introducir en el control de las características de una película de pintura, una técnica que elimine los errores personales en la apreciación del color y que sirva para valorar la capacidad decorativa de un recubrimiento en función de la alteración de su color con el envejecimiento.

Al mismo tiempo se busca determinar como influyen el brillo y el tizado sobre dichos valores.

Descripción del aparato

El aparato utilizado en nuestras experiencias es un colorímetro Gardner AC-2A CIE, de alta sensibilidad, construido de acuerdo con las especificaciones del sistema CIE. Este instrumento posee tres escalas, y determina por lectura directa los valores triestímulo X, Y, Z, para lo cuál previamente debe ser calibrado con un patrón.

El aparato mencionado consta de dos unidades: la primera de ellas posee el cabezal de exposición, donde se colocan las muestras; la segunda es la unidad de medida (fig. 5).

El cabezal de exposición posee un sistema óptico consistente en lentes y espejos que dividen la luz de la fuente en cuatro rayos, incidiendo estos a 45° sobre la muestra y reflejándose luego en forma perpendicular a la misma. De este modo se logra la condición de $45^{\circ}, 0^{\circ}$ (12). El hecho de que incidan cuatro rayos en la muestra tiene por objeto lograr mayor sensibilidad.

La luz reflejada, para ser evaluada, pasa independientemente a través de tres combinaciones filtro-fotocélula.

Las señales emitidas por las fotocélulas pasan a la unidad de medida, donde primero son amplificadas, y luego tres motores servo, conectados convenientemente a tres potenciómetros, llevan automáticamente a los diales ubicados en el frente de dicha unidad al valor correspondiente.

Preparación de los paneles

Sobre paneles de acero doble decapado, lijados, desengrasados y pintados con fondo antióxido a base de cromato de cinc, se aplicaron (a pincel) películas de pinturas de acabado brillante, semimate y mate, de diferentes colores y marcas. Las características de dichas muestras son las siguientes:

<u>Muestra</u>	<u>Tipo de pintura</u>	<u>Color</u>	<u>Brillo inicial</u>
1	Esmalte sint. brill.	Blanco	88
2	id.	Celeste	89
3	id.	Azul	80
4	id.	Verde	85
5	id.	Verde	83
6	id.	Bermellón	66
7	id.	Bermellón	74
8	id.	Naranja	82
9	id.	Amar. cromo	82
10	id.	Gris perla	67
11	Esmalte brillante	Negro	85
12	id.	Aluminio	85
13	Oleo mate	Blanco	5
14	Oleo semi-mate	Gris	15
15	Oleo mate	Rosado	5
16	id.	Amarillo	4
17	id.	Celeste	4
18	id.	Verde claro	3

Los paneles, una vez pintados, se dejaron secar en posición horizontal, a los efectos de favorecer la nivelación de la película.

Ensayos realizados

Se determinaron los valores cromáticos iniciales y luego se expusieron series de paneles de cada color al exterior. Se retiraron periódicamente paneles correspondientes a cada una de las muestras y se determinaron los valores triestímulo. En la última observación (270 días) se realizó además dicha determinación sobre el panel lavado (con agua y cepillo de cerda suave).

En el caso de las muestras 1 a 12 (brillantes) las lecturas se realizaron luego de 90, 180 y 270 días de exposición; las muestras 13 a 18 (mate y semimate) fueron observadas a los 90, 120, 150 y 180 días.

Con los valores triestímulo X, Y, Z, obtenidos en cada observación, se calcularon las coordenadas cromáticas x y, y los índices de luminosidad y cromáticos L, a, b. Los valores se consignan en las tablas I a VI.

Las variaciones ΔL , Δa y Δb que estos índices experimentaron a través de los distintos períodos de exposición permitieron calcular los valores de diferencia de color (ΔE) que se consignan en las tablas VII a XVI.

En los lapsos indicados más arriba se realizaron además determinaciones de brillo, utilizando el Photovolt Glossmeter, Unidad 660-A, y de tizado.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Variación de color en función del tiempo

En los gráficos (1 a 18) de las páginas siguientes se ha representado ΔE en función del tiempo. La curva acumulativa expresa las diferencias de color entre los valores originales y los obtenidos luego de cada una de las observaciones. La

curva parcial (punteada) representa el cambio de color entre dos períodos sucesivos de observación.

De las características de las curvas acumulativas correspondientes se deduce que, para la mayoría de las muestras, ΔE crece en función del tiempo.

La excepción está constituida por las pinturas 1 (blanco), 11 (negro), 12 (aluminio), 13 (blanco), 14 (gris) y 17 (celeste) en las que se observa la máxima variación a los 90 días, decreciendo luego. En la muestra 10 (perla), en cambio, la alteración máxima aparece a los 180 días y luego decrece.

Observando las curvas parciales, se comprueba que a los 270 días en el caso de las pinturas brillantes y a los 180 días para las pinturas de acabado mate, los valores de ΔE son mucho menores que los correspondientes a los períodos iniciales.

Por esta razón las observaciones se suspendieron al cabo de los lapsos indicados.

Diferencias de color registradas en los paneles expuestos

Considerando los gráficos anteriores (1 a 18) y ordenando las muestras según valores decrecientes de ΔE , se deduce que al cabo de 90 y de 180 días, la máxima alteración corresponde a las pinturas números 18 (verde), 6 y 7 (bermellón), 16 (amarillo), 3 (azul), 15 (rosado). Valores intermedios de ΔE corresponden a las muestras 8 (naranja), 9 (amarillo), 5 (verde), 4 (selva), 17 (celeste) y 13 (blanco). Los valores menores de ΔE corresponden a las pinturas 2 (celeste), 12 (aluminio), 10 (perla), 14 (gris) y 1 (blanco).

Si se consideran los valores de ΔE determinados luego de 270 días de exposición para las pinturas de acabado brillante (paneles sin lavar o lavados), incluidos en la tabla XI, se observa que los más altos corresponden a las pinturas bermellón (6 y 7) y azul (3), y los más bajos a las pinturas 1 y 10 (blanco y perla, respectivamente); el ordenamiento resulta, en términos generales, coincidente con el que corresponde a los períodos indicados en el párrafo anterior. Estas observaciones permiten expresar que en general los colores más claros son los que sufren menores cambios de color y entre los oscuros los

rojos y azules son los que presentan mayor variación.

Observación visual de los paneles expuestos

Además de la determinación de los valores de ΔE en función de la medición de los valores triestímulo suministrados por el aparato, se procedió a realizar un examen visual de las probetas expuestas, tarea que estuvo a cargo de varios operadores.

Esto permitió establecer que, para 270 días, en las pinturas brillantes, la mayor alteración correspondía a las muestras 6 y 7 (bermellón) y 3 (azul), que tienen también valores de ΔE elevados.

La menor alteración visual es la que presentan las muestras 12 (aluminio), 2 (celeste), 1 (blanco) y 10 (perla), cuyos valores de ΔE son bajos.

En cambio se constata que las muestras 4 (selva), 5 (verde), 8 (naranja) y 9 (amarillo), presentan visualmente, un cambio de color muy manifiesto, siendo los valores de ΔE relativamente bajos.

La restante muestra, número 11 (negro) presenta relativamente poca alteración visual y un valor de ΔE intermedio.

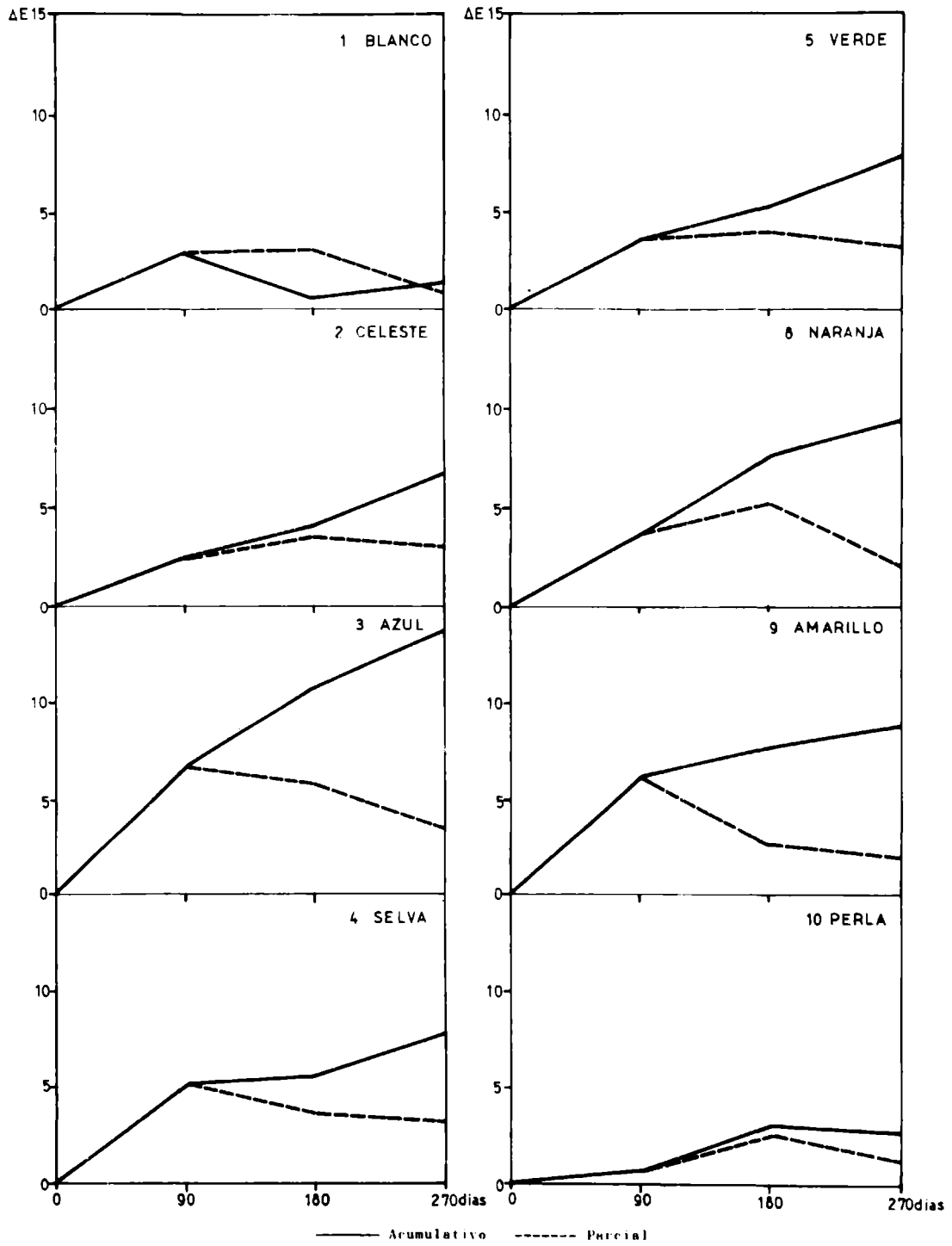
De acuerdo con lo expuesto se deduce que resulta poco preciso definir las alteraciones de color solamente en función de los valores de ΔE .

Modificación del brillo para las distintas muestras

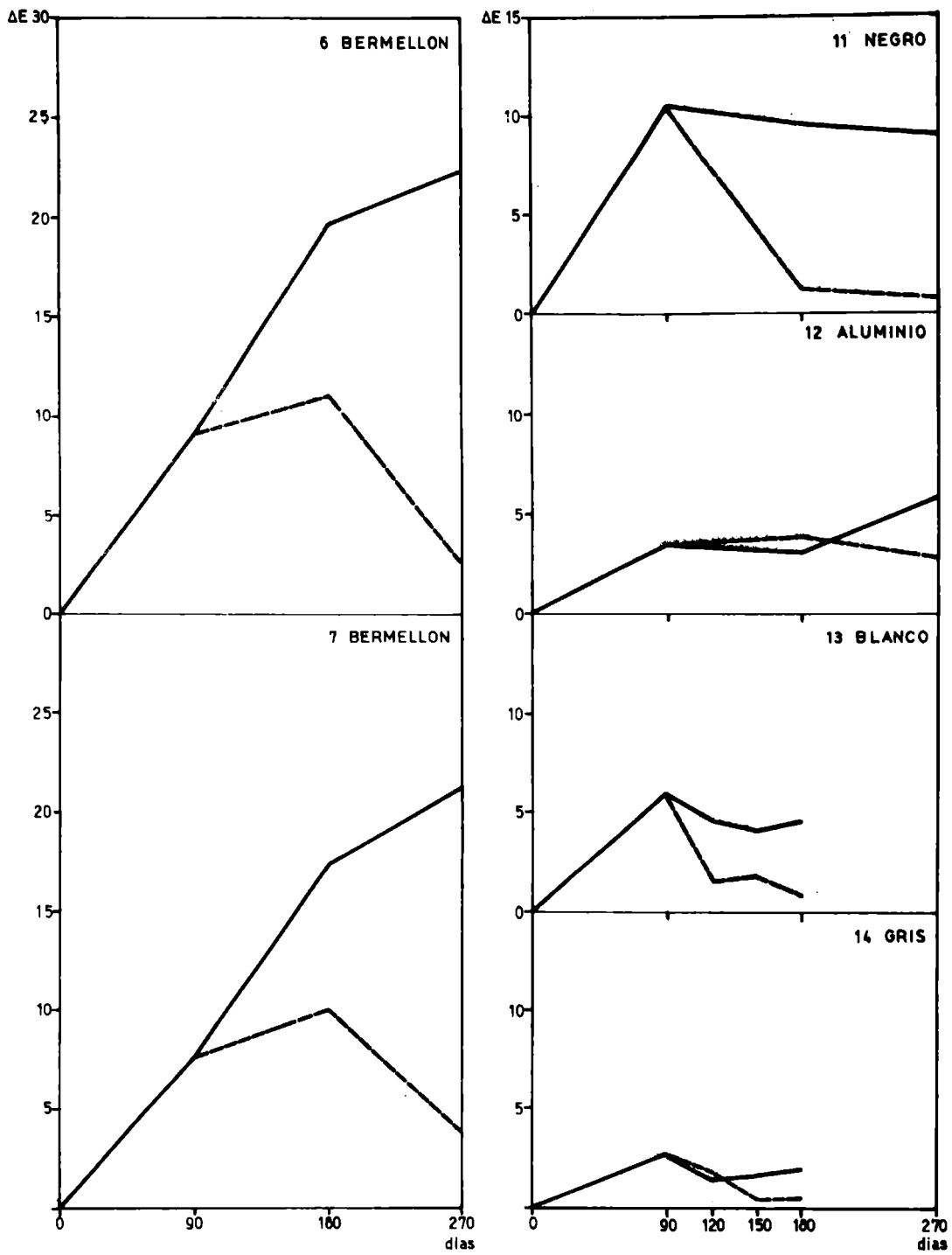
Transcurridos 270 días de exposición se determinó el brillo de la película de las pinturas de acabado brillantes (paneles sin lavar y lavados).

Los valores obtenidos se indican en la tabla de la página siguiente.

Si se consideran los valores para paneles sin lavar, se observa que la muestra nº 1 (blanco) presenta aún película brillante y las muestras nº 12 (aluminio) y 4 (selva) poco brillante; las muestras nº 10 (perla), 3 (azul), 5 (verde) y 9 (amarillo) tienen brillo semimate; y las restantes, 2 (celeste), 6 y 7



Gráficos 1 a 5 y 8 a 10



Gráficos 6 y 7, 11 a 14

MUESTRA Nº	BRILLO ORIGINAL	BRILLO, 270 DÍAS DE EXPOSICION	
		Paneles sin lavar	Paneles lavados
1	88	62	69
2	89	8	45
3	80	21	66
4	85	28	66
5	83	17	66
6	66	2	13
7	74	2	9
8	82	10	35
9	82	15	72
10	67	22	47
11	85	10	54
12	85	40	40

(bermellón), 8 (naranja) y 11 (negro) presentan película mate.

Si bien existe correspondencia entre valores de variación de color (tabla XI) y alteración de brillo para las muestras 1, 6 y 7, no es posible establecer tal correlación para las restantes muestras.

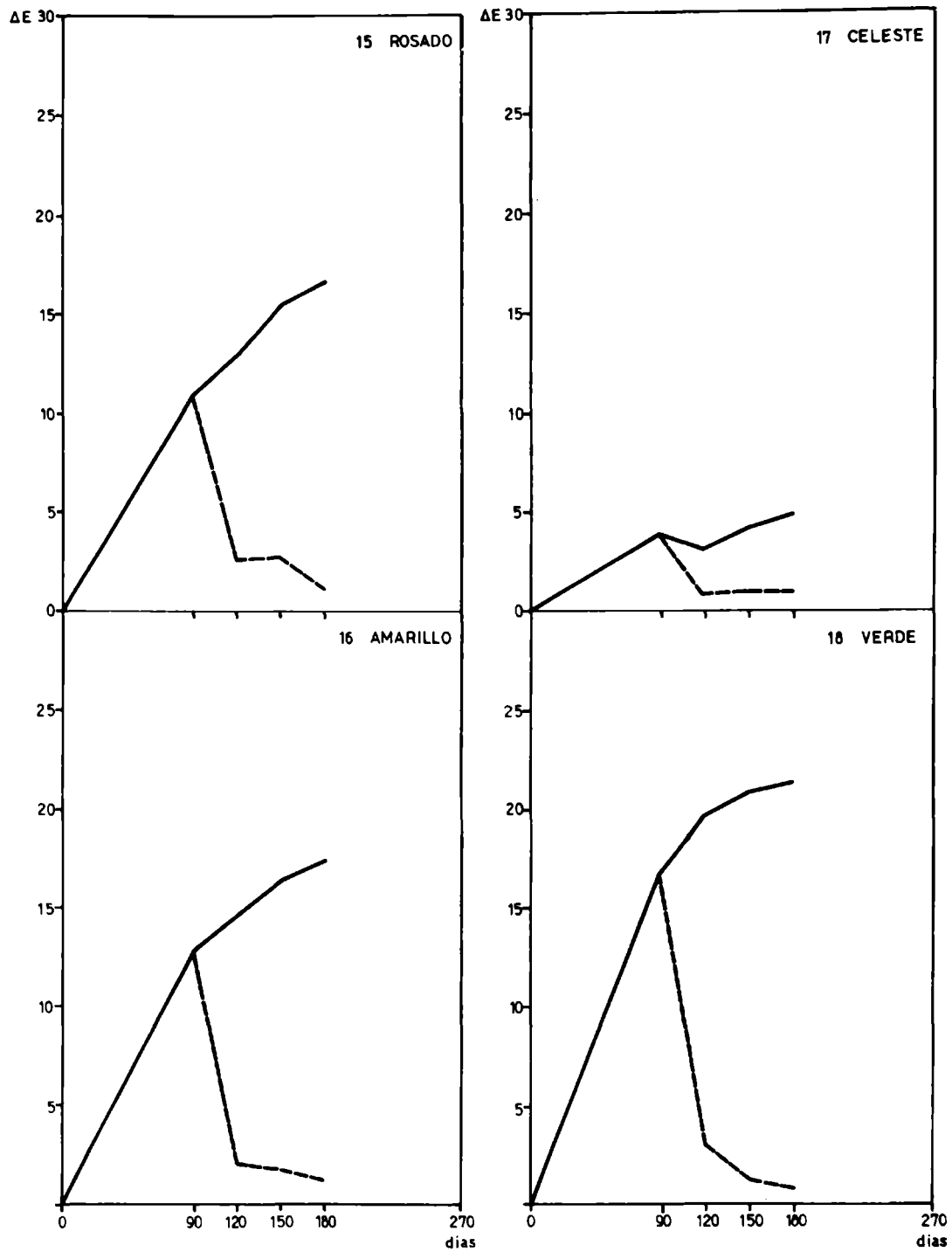
Similares consecuencias surgen cuando se analizan los valores correspondientes a brillo para las superficies lavadas.

Modificación del aspecto de la película por tizado

Luego de los 270 días de exposición se determinó el grado de tizado de los paneles correspondientes a muestras brillantes. Los resultados de estas observaciones son los siguientes:

<u>MUESTRAS</u>	<u>TIZADO</u>
1 - 2 - 8 - 10 - 12	Poco
4 - 5 - 6 - 7 - 9	Regular
3 - 11	Mucho

De la comparación de estos resultados con los cambios de



Gráficos 15 a 18

color experimentados (tabla XI) surge que es imposible correlacionar ambas características para cada muestra.

Análisis de los índices que componen el ΔE

Considerando las variables de las cuales es función ΔE , de la observación de los valores indicados en las tablas X (180 días de exposición, pinturas de acabado mate) y XI (270 días de exposición, pinturas brillantes, muestras sin lavar) se desprende que para las muestras 6 y 7 la mayor influencia es ejercida por la variación del índice cromático a; para las muestras 1, 14, 16, 17 y 18 la influencia determinante es b; para las muestras 5, 10, 11, 12 y 13 es L; en las muestras 2, 5 y 9 predominan los índices b - L; en la muestra 8 predominan a - b; en la muestra 15 a - L y para la muestra 4 inciden las tres variables en la misma forma.

Se deduce en consecuencia que para cada color en particular, los índices influyen de distinta manera en el valor de ΔE .

Se analizó además el signo de las variaciones de los índices cromáticos y de luminosidad (tablas X y XI), determinándose el sentido físico de los mismos (figura 4).

Como resultado de esto, se deduce que ΔL implica oscurecimiento para las muestras 1 (blanco), 9 (amarillo), 15 (blanco), 16 (amarillo) y 17 (celeste); la muestra 18 (verde) no presenta variación de luminosidad. Las restantes muestras se han aclarado.

Considerando Δa surge que las muestras 1 (blanco), 11 (negro), 14 (gris) y 17 (celeste) no presentan variación de dicho índice cromático; en las muestras 2 (celeste), 4 (selva), 5 (verde), 10 (perla), 13 (blanco), 16 (amarillo) y 18 (verde) se produce una variación hacia el rojo. Las restantes muestras se desplazan hacia el verde.

Por otra parte si tomamos en cuenta Δb se deduce que las muestras 1 (blanco), 2 (celeste), 3 (azul), 12 (aluminio), 13 (blanco), 14 (gris) y 17 (celeste) han variado hacia el amarillo. Las restantes presentan cambios hacia el azul.

CONCLUSIONES

1. En general las mayores variaciones de color ($|\Delta E$) presentadas por las distintas muestras ocurren en la etapa inicial de la exposición a los agentes atmosféricos.
2. Los colores que menos se han alterado son el blanco, el perla y el celeste; los que han sufrido mayor alteración, el bermellón y el azul.
3. Los valores de $|\Delta E$ no son suficientes para establecer una alteración de color. Es más correcto fijar la variación de los índices cromáticos y de luminosidad, de los cuales es función $|\Delta E$.
4. No es posible correlacionar las alteraciones de color con las modificaciones de brillo y tizado.

ESTUDIO COMPLEMENTARIO

Con la finalidad de normalizar las alteraciones máximas que deberían ser permitidas para cada color, se ha previsto realizar un trabajo complementario sobre mayor cantidad de muestras, que contemple además los colores más corrientemente usados en pinturas.

Este trabajo incluirá la determinación de los límites de los índices L, a, b.

Por otra parte, como surge de la modificación de $|\Delta E$ en función del tiempo para las muestras ensayadas en el presente trabajo, y teniendo en cuenta que a los noventa días de exposición los cambios de color son muy pronunciados, se reducirán los lapsos de observación a períodos no mayores de 15 días.

Se tratará además de establecer correlación entre los cambios de color producidos en películas envejecidas natural-

mente y artificialmente en aparatos Wether-Ometer.

BIBLIOGRAFIA

1. Norma IRAM 1054 - Carta de colores para pinturas de acabado brillante.
2. Maerz A. and Paul M. R. - Dictionary of color - Mc Grow Hill Book Co. N.Y. 1950.
3. Villalobos y Dominguez. - Atlas de color. El Ateneo Bs. As. 1947.
4. ASTM: E 308-66. - Espectrophotometry and description of color in CIE 1931 System.
5. IRAM - AADL: J 20-08/69. - Colorimetría. Métodos de medición de color mediante el uso de espectrofotómetros.
6. MELC 12-108. Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción. Publicación 193. Madrid 1966.
7. Hunter R. - Photoelectric tristimulus colorimetry with three filters. Circular of the National Bureau of Standards.
8. Wyszecki G. and Stiles W.S. - Color Science. John Wiley and Sons. N.Y. 1967.
9. Billmeyer F. and Saltzman M. - Principles of color technology. Jhon Wiley and Sons. N. Y. 1966.
10. Wright W. D. - The measurement of color. Adam Hilger Ltd. London 1969.
11. ASTM: D 2244-68 - Instrumental evaluation of color differences of opaque materials.
12. ASTM: E 97. 45-Deg., 0-Deg. directional reflectance of opaque specimens by filter photometry.

TABLA I
MUESTRAS ORIGINALES - VALORES TRIESTIMULO DETERMINADOS Y CALCULOS

Muestra	Y	X	Z	Y+X+Z	K	f _y	x	y	L	a	b
1	89,1	86,9	99,2	275,2	1,007	1,052	0,316	0,324	94,39	- 0,85	3,78
2	41,2	36,7	64,7	142,6	0,965	1,614	0,257	0,289	64,19	- 10,36	- 14,82
3	2,2	2,2	7,8	12,2	0,888	7,593	0,180	0,180	14,83	0,47	- 20,77
4	2,7	1,7	2,5	6,9	0,853	7,133	0,246	0,391	16,43	- 10,65	2,55
5	4,7	2,7	2,9	10,3	0,800	5,768	0,262	0,456	21,68	- 15,75	7,11
6	7,6	14,1	1,4	23,1	0,796	4,558	0,610	0,329	27,57	43,17	16,25
7	6,7	14,3	1,0	22,0	0,793	4,869	0,650	0,305	25,88	53,29	15,95
8	18,6	29,2	1,3	49,1	0,868	2,671	0,594	0,379	43,13	45,43	28,40
9	47,6	49,1	1,8	98,5	0,979	1,480	0,498	0,483	68,99	6,34	46,75
10	36,1	33,9	40,8	110,8	0,951	1,751	0,306	0,326	60,08	- 4,44	1,75
11	0,6	0,5	0,6	1,7	1,342	9,617	0,294	0,353	7,75	- 2,03	0,90
12	28,5	29,5	37,3	95,3	0,922	2,032	0,310	0,299	53,39	5,25	- 4,06
13	85,9	83,3	89,2	258,4	1,007	1,071	0,322	0,332	92,68	- 1,70	7,78
14	59,1	57,1	71,9	188,1	0,996	1,306	0,304	0,314	76,88	- 2,05	- 1,64
15	38,0	46,5	36,7	121,2	0,956	1,696	0,384	0,314	61,64	26,67	7,83
16	67,2	62,5	17,1	146,8	1,003	1,216	0,426	0,458	81,98	- 7,26	45,01
17	36,2	32,2	65,7	134,1	0,951	1,748	0,240	0,270	60,17	- 9,89	- 22,56
18	36,2	26,6	23,5	86,3	0,951	1,748	0,308	0,419	60,17	- 26,47	18,96

TABLA II

MUESTRAS ENVEJECIDAS DURANTE 90 DIAS - VALORES TRIESTIMULO DETERMINADOS Y CALCULOS

Muestra.	Y	X	Z	Y+X+Z	K	f _y	x	y	l.	a	b
1	84,8	82,6	91,0	258,4	1,007	1,078	0,320	0,328	92,09	- 0,95	5,85
2	40,4	35,5	61,7	137,6	0,963	1,634	0,258	0,294	63,56	-11,57	-13,11
3	2,4	2,1	6,9	11,4	0,872	7,402	0,184	0,211	15,49	- 2,94	-15,36
4	2,3	1,6	2,9	6,8	0,880	7,496	0,235	0,338	15,17	- 7,73	- 0,92
5	4,2	2,5	3,4	10,1	0,806	6,054	0,248	0,416	20,49	-13,66	4,44
6	8,2	13,6	3,4	25,2	0,798	4,374	0,540	0,325	28,64	34,81	12,95
7	7,1	13,8	2,0	22,9	0,794	4,725	0,603	0,310	26,65	45,96	14,18
8	17,4	27,2	2,1	46,7	0,860	2,787	0,582	0,373	41,71	43,21	26,18
9	41,6	43,4	2,2	87,2	0,967	1,604	0,498	0,477	64,49	7,33	43,10
10	36,4	34,2	41,1	111,7	0,951	1,742	0,306	0,326	60,33	- 3,45	1,86
11	3,3	2,9	4,0	10,2	0,827	6,654	0,284	0,324	18,17	- 2,89	- 0,39
12	28,4	28,4	36,5	93,3	0,921	2,037	0,304	0,304	53,29	1,97	- 3,28
13	78,2	76,1	73,9	228,2	1,007	1,123	0,333	0,343	88,43	- 1,19	12,11
14	59,1	56,9	68,5	184,5	0,996	1,306	0,308	0,320	76,88	- 2,50	1,00
15	42,4	47,9	43,7	134,0	0,908	1,586	0,357	0,316	65,12	16,38	5,44
16	62,7	59,2	30,2	152,1	1,000	1,263	0,389	0,412	79,18	- 5,08	32,80
17	34,4	30,4	59,3	124,1	0,945	1,804	0,245	0,277	58,65	-10,15	-18,87
18	35,2	28,0	37,8	101,0	0,947	1,779	0,277	0,349	59,33	-19,46	3,77

TABLA III. MUESTRAS ENVEJECIDAS DURANTE 120 DIAS - VALORES TRIESTIMULO DETERMINADOS Y CALCULOS

Muestra	Y	X	Z	Y+X+Z	K	f _y	x	y	L	a	b
13	79,3	77,2	78,9	235,4	1,007	1,115	0,328	0,337	89,05	- 1,29	10,75
14	60,0	57,8	71,3	189,1	0,998	1,294	0,306	0,317	77,36	- 2,26	- 0,36
15	45,5	50,5	48,4	144,4	0,975	1,520	0,350	0,315	67,45	15,56	4,67
16	63,0	59,9	32,9	155,8	1,000	1,260	0,384	0,404	79,37	- 4,19	30,96
17	35,0	31,1	60,8	126,9	0,947	1,785	0,245	0,276	59,16	- 9,76	-19,52
18	36,0	29,0	41,5	106,5	0,950	1,754	0,272	0,338	60,00	-18,66	0,93

TABLA IV. MUESTRAS ENVEJECIDAS DURANTE 150 DIAS - VALORES TRIESTIMULO DETERMINADOS Y CALCULOS

Muestra	Y	X	Z	Y+X+Z	K	f _y	x	y	L	a	b
13	79,7	77,8	80,2	237,7	1,007	1,112	0,327	0,335	89,27	- 0,59	9,25
14	60,1	58,0	71,3	189,4	0,998	1,293	0,306	0,317	77,52	- 2,03	- 0,27
15	47,8	52,2	51,8	151,8	0,980	1,476	0,344	0,315	69,14	13,67	3,95
16	62,5	59,7	34,7	156,9	1,000	1,265	0,380	0,398	79,06	- 3,54	29,31
17	35,2	31,2	60,2	126,6	0,947	1,779	0,246	0,278	59,33	-10,03	-18,64
18	36,6	29,8	43,3	109,7	0,952	1,736	0,272	0,334	60,50	-17,94	- 0,12

TABLA V
MUESTRAS ENVEJECIDAS DURANTE 180 DIAS - VALORES TRIESTIMULO DETERMINADOS Y CALCULOS

Muestra	Y	X	Z	Y+X+Z	K	f _y	x	y	L	a	b
1	89,7	87,4	99,0	276,1	1,007	1,049	0,317	0,325	94,71	- 1,11	4,29
2	44,1	39,4	65,2	148,7	0,972	1,549	0,265	0,297	66,41	-10,28	-11,70
3	4,2	3,7	9,5	17,4	0,806	6,054	0,213	0,241	20,49	- 3,42	-12,98
4	3,4	2,5	4,4	10,3	0,824	6,582	0,243	0,330	18,44	- 7,59	- 1,14
5	5,9	4,0	5,6	15,5	0,793	5,189	0,258	0,381	24,29	-12,96	3,46
6	11,5	16,1	7,3	34,9	0,819	3,601	0,461	0,330	33,91	25,29	10,94
7	9,8	16,2	5,4	31,4	0,807	3,956	0,516	0,312	31,30	37,43	11,62
8	19,7	29,1	5,2	54,0	0,875	2,575	0,539	0,365	44,38	39,43	24,13
9	40,8	42,1	3,6	86,5	0,975	1,623	0,487	0,472	63,87	5,76	41,43
10	39,2	37,0	45,3	121,5	0,960	1,664	0,305	0,323	62,61	- 4,19	0,89
11	3,0	2,7	3,6	9,3	0,839	6,885	0,290	0,323	17,32	- 2,02	- 0,20
12	31,6	32,3	41,3	105,2	0,935	1,903	0,307	0,300	56,21	4,05	- 4,23
13	78,4	76,5	78,5	233,4	1,007	1,121	0,328	0,336	88,54	- 0,79	9,40
14	59,8	57,6	70,4	187,8	0,997	1,297	0,307	0,318	77,33	- 2,26	0,18
15	48,8	52,8	52,9	154,5	0,982	1,458	0,342	0,316	69,86	12,78	4,01
16	61,4	58,7	35,1	155,2	0,999	1,278	0,378	0,396	78,35	- 3,35	28,34
17	34,7	30,9	58,8	124,4	0,946	1,795	0,248	0,279	58,91	- 9,51	-17,95
18	36,0	29,5	42,9	108,4	0,950	1,754	0,272	0,332	60,00	-17,20	- 0,35

TABLA VI

MUESTRAS ENVEJECIDAS DURANTE 270 DIAS (LAVADAS Y SIN LAVAR) - VALORES TRIESTIMULO DETERMINADOS Y CALCULOS

Muestra	Y	X	Z	Y+X+Z	K	f _y	x	y	L	a	b
1	87,7	85,6	95,9	269,2	1,007	1,060	0,318	0,326	93,64	- 0,75	4,86
2	45,7	41,4	64,7	151,8	0,976	1,516	0,275	0,301	67,60	- 9,06	- 9,43
3	5,4	4,8	10,9	21,1	0,795	5,414	0,227	0,256	23,24	- 3,77	-11,45
4	4,4	3,5	5,8	13,7	0,803	5,935	0,255	0,321	20,98	- 6,67	- 1,67
5	7,4	5,5	7,1	20,0	0,795	4,623	0,275	0,370	27,20	-11,57	3,60
6	12,4	16,7	8,1	37,2	0,825	3,441	0,449	0,333	55,21	22,85	10,93
7	10,9	17,0	6,7	34,6	0,815	3,717	0,491	0,315	33,02	33,93	11,02
8	20,5	29,7	6,3	56,5	0,880	2,510	0,526	0,363	45,28	37,90	23,56
9	41,2	42,3	5,5	89,0	0,965	1,614	0,475	0,463	64,19	5,18	39,82
10	38,6	36,6	44,3	119,5	0,958	1,680	0,306	0,323	62,13	- 3,66	1,24
11	2,8	2,5	3,2	8,5	0,848	7,049	0,294	0,329	16,73	- 2,09	0,42
12	34,8	35,4	44,6	114,8	0,946	1,791	0,308	0,303	58,99	3,85	- 3,56
1*	88,0	86,4	97,1	271,5	1,007	1,058	0,318	0,324	93,81	0,19	4,33
2*	42,7	37,8	65,7	146,2	0,969	1,579	0,259	0,292	65,35	-10,98	-13,82
3*	3,1	2,7	7,7	13,5	0,835	6,806	0,200	0,229	17,61	- 2,98	-13,53
4*	3,2	2,4	3,8	9,4	0,831	6,729	0,255	0,340	17,89	- 7,83	- 0,08
5*	5,2	3,4	4,6	13,2	0,796	5,510	0,258	0,394	22,80	-13,08	3,99
6*	10,0	15,2	5,2	30,4	0,809	3,910	0,500	0,329	31,62	30,44	12,40
7*	9,4	16,0	4,3	29,7	0,805	4,051	0,539	0,316	30,66	39,38	13,24
8*	19,1	29,1	3,6	51,8	0,871	2,626	0,562	0,369	43,70	42,42	25,78
9*	41,2	42,9	3,4	87,5	0,965	1,614	0,493	0,471	64,19	7,09	41,79
10*	36,4	34,5	41,1	112,0	0,951	1,742	0,308	0,325	60,33	- 3,48	1,87
11*	1,8	1,7	2,4	5,9	0,931	8,010	0,288	0,305	13,42	- 1,31	- 1,04
12*	36,4	36,9	46,6	119,7	0,951	1,742	0,308	0,304	60,33	3,48	- 3,60

* Muestras lavadas.

TABLA VII-
DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS ORIGINALES Y MUESTRAS CON 90 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	Orig.	90 días			Orig.	90 días			Orig.	90 días				
1	94,39	92,09	-2,30	5,29	-0,85	-0,95	-0,10	0,01	3,78	5,85	2,07	4,28	9,58	3,09
2	64,19	63,56	-0,63	0,40	-10,36	-11,57	-1,21	1,46	-14,82	-13,11	1,71	2,92	4,78	2,18
3	14,83	15,49	0,66	0,44	0,47	-2,94	-3,41	11,63	-20,97	-15,36	5,41	29,27	41,34	6,43
4	16,43	15,17	-1,26	1,59	-10,65	-7,73	2,92	8,53	2,55	-0,92	-3,47	12,04	22,16	4,71
5	21,68	20,49	-1,19	1,42	-15,75	-13,66	2,09	4,37	7,11	4,44	-2,67	7,13	12,92	3,60
6	27,57	28,64	1,07	1,14	43,17	34,81	-8,36	69,89	16,25	12,95	-3,30	10,89	81,92	9,05
7	25,88	26,65	0,77	0,59	53,29	45,96	-7,33	53,73	15,95	14,18	-1,77	3,13	57,45	7,58
8	43,13	41,71	-1,42	2,02	45,43	43,21	-2,22	4,93	28,40	26,18	2,22	4,93	11,88	3,45
9	68,99	64,49	-4,50	20,25	6,34	7,33	0,99	0,98	46,75	43,10	-3,65	13,32	34,55	5,88
10	60,08	60,33	0,25	0,06	-4,44	-4,35	0,09	0,01	1,75	1,86	0,11	0,01	0,08	0,28
11	7,75	18,17	10,42	108,58	-2,03	-2,89	-0,86	0,74	0,90	-0,39	-1,29	1,66	110,98	10,53
12	53,39	53,29	-0,10	0,05	5,25	1,97	-3,28	10,76	-4,06	-3,28	0,78	0,61	11,38	3,37
13	92,68	88,43	-4,25	18,06	-1,70	-1,19	0,51	0,26	7,78	12,11	4,33	18,75	37,07	6,09
14	76,88	76,88	0,00	0,00	-2,05	-2,50	-0,45	0,20	-1,64	1,00	2,64	6,97	7,17	2,68
15	61,64	65,12	3,48	12,11	26,65	16,38	-10,29	105,88	7,83	5,44	-2,39	5,71	123,70	11,10
16	81,98	79,18	-2,80	7,84	-7,26	-5,08	2,18	4,75	45,01	32,80	-12,21	149,08	161,67	12,70
17	60,17	58,65	-1,52	2,31	-9,89	-10,15	-0,26	0,07	-22,56	-18,87	3,69	13,62	16,00	4,00
18	60,17	59,33	-0,84	0,71	-26,47	-19,46	7,01	49,14	18,96	3,77	-15,19	230,74	280,59	16,75

TABLA VIII. DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS ORIGINALES Y MUESTRAS CON 120 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	a		Δa	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	Orig.	120 días		Orig.	120 días		Orig.	120 días				
13	92,68	89,05	-3,63	-1,70	-1,29	0,41	7,78	10,75	2,97	8,82	22,17	4,71
14	76,88	77,46	0,58	-2,05	-2,26	-0,21	-1,64	-0,36	1,28	1,64	2,02	1,42
15	61,64	67,45	5,81	26,67	15,56	-11,11	7,83	4,67	-3,16	9,99	167,18	12,94
16	81,98	79,37	-2,61	-7,26	-4,19	3,07	45,01	30,96	-14,05	197,40	213,63	14,62
17	60,17	59,16	-1,01	-9,89	-9,76	0,13	-22,56	-19,52	3,04	9,24	10,28	3,21
18	60,17	60,00	-0,17	-26,47	-18,66	7,81	18,96	0,93	-18,03	325,08	386,11	19,65

TABLA IX. DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS ORIGINALES Y MUESTRAS CON 150 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	a		Δa	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	Orig.	150 días		Orig.	150 días		Orig.	150 días				
13	92,68	89,27	-3,41	-1,70	-0,59	1,11	7,78	9,25	1,47	2,16	15,02	3,88
14	76,88	77,52	0,64	-2,05	-2,03	0,02	-1,64	-0,27	1,37	1,88	2,29	1,51
15	61,64	69,14	7,50	26,67	13,67	-13,00	7,83	3,95	-3,88	15,05	240,30	15,50
16	81,98	79,06	-2,92	-7,26	-3,54	3,72	45,01	29,31	-15,70	246,49	268,86	16,40
17	60,17	59,33	-0,84	-9,89	-10,03	-0,14	-22,56	-18,64	3,92	15,37	16,10	4,01
18	60,17	60,50	0,33	-26,47	-17,94	8,53	18,96	-0,12	-19,08	364,05	436,92	20,90

TABLA X
DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS ORIGINALES Y MUESTRAS CON 180 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	Orig.	180 días			Orig.	180 días			Orig.	180 días				
1	94,39	94,71	0,32	0,10	-0,85	-1,11	-0,26	0,07	3,78	4,29	0,51	0,26	0,43	0,65
2	64,19	66,41	2,22	4,93	-10,36	-10,28	0,08	0,01	-14,82	-11,70	3,12	9,73	14,67	3,83
3	14,83	20,49	5,66	32,04	0,47	-3,42	-3,89	15,13	-20,77	-12,98	7,79	60,68	107,85	10,38
4	16,43	18,44	2,01	4,04	-10,65	-7,59	3,06	9,36	2,55	-1,14	-3,69	13,62	27,02	5,20
5	21,68	24,29	2,61	6,81	-15,75	-12,96	2,79	7,78	7,11	3,46	-3,65	13,32	27,91	5,28
6	27,57	33,91	6,34	40,20	43,17	23,29	-17,88	319,69	16,25	10,94	-5,31	28,20	388,09	19,70
7	25,88	31,30	5,42	29,38	53,29	37,43	-15,86	251,54	15,95	11,62	-4,33	18,75	299,67	17,31
8	43,13	44,38	1,25	1,56	45,43	39,43	-6,00	36,00	28,40	24,13	-4,27	18,23	55,79	7,47
9	68,99	63,87	-5,12	26,21	6,34	5,76	-0,58	0,34	46,75	41,43	-5,32	28,30	54,85	7,41
10	60,08	62,61	2,53	6,40	-4,44	-4,19	0,25	0,06	1,75	0,89	-0,86	0,74	7,32	2,70
11	7,75	17,32	9,57	91,58	-2,03	-2,02	0,01	0,00	0,90	-0,20	-1,10	1,21	92,79	9,63
12	53,39	56,21	2,82	7,95	5,25	4,05	-1,20	1,44	-4,06	-4,23	-0,17	0,03	9,42	3,07
13	92,68	88,34	-4,34	17,14	-1,70	-0,79	0,91	0,83	7,78	9,40	1,62	2,62	20,59	4,54
14	76,88	77,33	0,45	0,20	-2,05	-2,26	-0,21	0,04	-1,64	0,18	1,82	3,31	3,55	1,88
15	61,64	69,86	8,22	67,57	26,67	12,78	-13,89	192,93	7,83	4,01	-3,82	14,59	275,09	16,58
16	81,98	78,35	-3,63	13,18	-7,26	-3,35	3,91	15,29	45,01	28,34	-16,67	277,89	306,36	17,50
17	60,17	58,91	-1,26	1,59	-9,89	-9,51	0,38	0,14	-22,56	-17,95	4,61	21,25	22,98	4,80
18	60,17	60,00	-0,17	0,03	-26,47	-17,20	9,27	85,93	18,96	-0,33	-19,31	382,88	458,84	21,42

TABLA XI
 DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS ORIGINALES Y MUESTRAS CON 270 DIAS DE EXPOSICION (LAVADAS Y SIN LAVAR)

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	Orig.	270 días			Orig.	270 días			Orig.	270 días				
1	94,39	93,64	-0,75	0,56	-0,85	-0,72	0,10	0,01	3,78	4,86	1,08	1,17	1,74	1,32
2	64,19	67,60	3,41	11,63	-10,36	-9,06	1,30	1,69	-14,82	-9,43	5,39	29,05	42,37	6,51
3	14,83	23,24	8,41	70,73	0,47	-3,77	-4,24	17,98	-20,77	-11,45	9,32	86,86	175,57	13,25
4	16,43	20,98	4,55	20,70	-10,65	-6,67	3,98	15,84	2,55	-1,67	-4,22	17,81	54,35	7,37
5	21,68	27,20	5,52	30,47	-15,75	-11,57	4,18	17,47	7,11	3,60	-3,51	12,32	60,26	7,76
6	27,57	35,21	7,64	58,37	43,17	22,85	-20,32	412,90	16,25	10,93	-5,32	28,30	499,57	22,35
7	25,88	33,02	7,14	50,98	53,29	33,93	-19,36	374,81	15,95	11,02	-4,93	24,30	450,09	21,22
8	43,15	45,28	2,15	4,62	45,43	37,90	-7,53	56,70	28,40	23,56	-4,84	23,43	84,75	9,21
9	68,99	64,19	-4,80	23,04	6,34	5,18	-1,16	1,35	46,75	39,82	-6,93	48,02	72,41	8,51
10	60,08	62,13	2,05	4,20	-4,44	-3,66	0,78	0,61	1,75	1,24	-0,51	0,26	5,07	2,25
11	7,75	16,73	8,98	80,64	-2,03	-2,09	-0,06	0,00	0,90	0,42	-0,48	0,23	80,87	8,99
12	53,39	58,99	5,60	31,36	5,25	3,85	-1,40	1,96	-4,06	-3,56	0,50	0,25	33,57	5,79
* 1	94,39	93,81	-0,58	0,34	-0,85	0,19	1,04	1,08	3,78	4,33	0,55	0,30	1,72	1,31
* 2	64,19	65,35	1,16	1,35	-10,36	-10,98	-0,62	0,38	-14,82	-13,82	1,00	1,00	2,73	1,65
* 3	14,83	17,61	2,78	7,73	0,47	-2,98	-3,45	11,90	-20,77	-13,53	7,24	52,42	72,05	8,49
* 4	16,43	17,89	1,46	2,13	-10,65	-7,83	2,82	7,95	2,55	-0,08	-2,63	6,92	17,00	4,12
* 5	21,68	22,80	1,12	1,25	-15,75	-13,08	2,67	7,13	7,11	3,99	-3,12	9,73	18,11	4,26
* 6	27,57	31,62	4,05	16,40	43,17	30,44	-12,73	162,05	16,25	12,40	-3,85	14,82	193,27	13,90
* 7	25,88	30,66	4,78	22,85	53,29	39,38	-13,91	193,49	15,95	13,24	-2,71	7,34	223,68	14,96
* 8	43,13	43,70	0,57	0,32	45,43	42,42	-3,01	9,06	28,40	25,78	-2,62	6,86	16,24	4,03
* 9	68,99	64,19	-4,80	23,04	6,34	7,09	0,75	0,56	46,75	41,79	-4,96	24,60	48,20	6,94
* 10	60,08	60,33	0,25	0,06	-4,44	-3,48	0,96	0,92	1,75	1,87	0,12	0,01	0,99	0,99
* 11	7,75	13,42	5,67	32,15	-2,03	-1,31	0,72	0,52	0,90	-1,04	-1,94	3,76	36,43	6,04
* 12	53,39	60,33	6,94	48,16	5,25	3,48	-1,77	3,13	-4,06	-3,60	0,46	0,21	51,50	7,18

* Muestras lavadas.

TABLA XII
DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS CON 90 Y CON 180 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	90 días	180 días			90 días	180 días			90 días	180 días				
1	92,09	94,71	2,62	6,86	-0,95	-1,11	-0,16	0,03	5,85	4,29	-1,56	2,43	9,32	3,05
2	63,56	66,41	2,85	8,12	-11,57	-10,28	1,29	1,66	-13,11	-11,70	1,41	1,99	11,77	3,41
3	15,49	20,49	5,00	25,00	-2,94	-3,42	-0,48	0,23	-15,36	-12,98	2,38	5,66	30,89	5,55
4	15,17	18,44	3,27	10,69	-7,73	-7,59	0,14	0,02	-0,92	-1,14	-0,22	0,05	10,76	3,28
5	20,49	24,29	3,80	14,44	-13,66	-12,96	0,70	0,49	4,44	3,46	-0,98	0,96	15,89	3,98
6	28,64	33,91	5,27	27,77	34,81	25,29	-9,52	90,63	12,95	10,94	-2,01	4,04	122,44	11,07
7	26,65	31,30	4,65	21,62	45,96	37,43	-8,53	72,76	14,18	11,62	-2,56	6,55	100,93	10,04
8	41,71	44,38	2,67	7,13	43,21	39,43	-3,78	14,29	26,18	24,13	-2,05	4,20	25,62	5,06
9	64,49	63,87	-0,62	0,38	7,33	5,76	-1,57	2,46	43,10	41,43	-1,67	2,79	5,63	2,37
10	60,33	62,61	2,28	5,20	-4,35	-4,19	0,16	0,03	1,86	0,89	-0,97	0,94	6,17	2,48
11	18,17	17,32	-0,85	0,72	-2,89	-2,02	0,87	0,76	-0,39	-0,20	0,19	0,04	1,52	1,23
12	53,29	56,21	2,92	8,53	1,97	4,05	2,08	4,33	-3,28	-4,23	-0,95	0,90	13,76	3,71

TABLA XIII

DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS CON 90 Y CON 120 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	90 dias	120 dias			90 dias	120 dias			90 dias	120 dias				
13	88,43	89,05	0,62	0,38	- 1,19	- 1,29	-0,10	0,01	12,11	10,75	-1,36	1,85	2,24	1,49
14	76,88	77,46	0,58	0,34	- 2,50	- 2,26	0,24	0,06	1,00	- 0,36	-1,36	1,85	2,25	1,50
15	65,12	67,45	2,33	5,43	16,38	15,56	-0,82	0,67	5,44	4,67	-0,77	0,59	6,69	2,58
16	79,18	79,37	0,19	0,04	- 5,08	- 4,19	0,89	0,79	32,80	30,96	-1,84	3,39	4,22	2,05
17	58,65	59,16	0,51	0,26	-10,15	- 9,76	0,39	0,15	-18,87	-19,52	-0,65	0,42	0,83	0,91
18	59,33	60,00	0,67	0,45	-19,46	-18,66	0,80	0,64	3,77	0,93	-2,84	8,07	9,16	3,03

TABLA XIV

DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS CON 120 Y CON 150 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
	120 dias	150 dias			120 dias	150 dias			120 dias	150 dias				
13	89,05	89,27	0,22	0,05	- 1,29	- 0,59	0,70	0,49	10,75	9,25	-1,50	2,25	2,79	1,67
14	77,46	77,52	0,06	0,00	- 2,26	- 2,03	0,23	0,05	- 0,36	- 0,27	0,09	0,01	0,06	0,24
15	67,45	69,14	1,69	2,86	15,56	13,67	-1,89	3,57	4,67	3,95	-0,72	0,52	6,95	2,63
16	79,37	79,06	-0,31	0,10	- 4,19	- 3,54	0,65	0,42	30,96	29,31	-1,65	2,72	3,24	1,80
17	59,16	59,33	0,17	0,03	- 9,76	-10,03	-0,27	0,07	-19,52	-18,64	0,88	0,77	0,87	0,93
18	60,00	60,50	0,50	0,25	-18,66	-17,94	0,72	0,52	0,93	- 0,12	-1,03	1,10	1,87	1,37

TABLA XV
DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS CON 150 Y CON 180 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	$\frac{L}{150 \text{ días}}$	$\frac{L}{180 \text{ días}}$	ΔL	ΔL^2	$\frac{a}{150 \text{ días}}$	$\frac{a}{180 \text{ días}}$	Δa	Δa^2	$\frac{b}{150 \text{ días}}$	$\frac{b}{180 \text{ días}}$	Δb	Δb^2	ΔE^2	ΔE
13	89,27	88,54	-0,73	0,53	-0,59	-0,79	-0,20	0,04	9,25	9,40	0,15	0,02	0,59	0,77
14	77,52	77,33	-0,19	0,04	-2,03	-2,26	-0,23	0,05	-0,27	0,18	0,45	0,20	0,29	0,54
15	69,14	69,86	0,72	0,52	13,67	12,78	-0,89	0,79	3,95	4,01	0,06	0,00	1,31	1,14
16	79,06	78,35	-0,71	0,50	-3,54	-3,35	0,19	0,04	29,31	28,34	-0,97	0,94	1,48	1,21
17	59,33	58,91	-0,42	0,18	-10,03	-9,51	0,52	0,27	-18,64	-17,95	0,69	0,48	0,93	0,96
18	60,50	60,00	-0,50	0,25	-17,94	-17,20	0,74	0,55	-0,12	-0,35	-0,23	0,05	0,85	0,92

TABLA XVI
DIFERENCIA DE COLOR ENTRE MUESTRAS CON 180 Y CON 270 DIAS DE EXPOSICION

Muestra	L		ΔL	ΔL^2	a		Δa	Δa^2	b		Δb	Δb^2	ΔF^2	ΔF
	180 días	270 días			180 días	270 días			180 días	270 días				
1	94,71	93,64	-1,07	1,14	- 1,11	- 0,75	0,36	0,15	4,29	4,86	0,57	0,32	1,59	1,26
2	66,41	67,60	1,19	1,42	-10,28	- 9,06	1,22	1,49	-11,70	- 9,45	2,27	5,15	8,06	2,84
3	20,49	23,24	2,75	7,56	- 3,42	- 3,77	-0,35	0,12	-12,98	-11,45	1,53	2,34	10,02	3,16
4	18,44	20,98	2,54	6,45	- 7,59	- 6,67	0,92	0,85	- 1,14	- 1,67	-0,53	0,28	7,58	2,75
5	24,29	27,20	2,91	8,47	-12,96	-11,57	1,39	1,95	3,46	3,60	0,14	0,02	10,42	3,25
6	33,91	33,21	1,30	1,69	23,29	22,85	-2,44	5,95	10,94	10,95	-0,01	0,00	7,64	2,76
7	31,30	33,02	1,72	2,96	37,43	33,93	-3,50	12,25	11,62	11,02	-0,60	0,36	15,57	3,95
8	44,38	45,28	0,90	0,81	39,43	37,90	-1,53	2,34	24,15	23,56	-0,57	0,32	3,47	1,86
9	63,87	64,19	0,32	0,10	3,76	3,18	-0,58	0,34	41,93	39,82	-1,01	2,59	3,03	1,74
10	62,61	62,13	-0,48	0,23	- 4,19	- 3,66	0,53	0,28	0,89	1,24	0,35	0,12	0,86	0,93
11	17,32	16,73	-0,59	0,35	- 2,02	- 2,09	-0,07	0,00	- 0,20	0,42	0,62	0,38	0,73	0,86
12	56,21	58,99	2,78	7,75	4,05	3,85	-0,20	0,04	- 4,23	- 3,56	0,67	0,45	8,22	2,87