



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE COLORANTES,
ASOCIADO A CANDELAS DE MEZCLA DE PARAFINA, POR
EXPOSICIÓN DE LUZ ULTRAVIOLETA Y LUZ BLANCA
VISIBLE A UNA TEMPERATURA CONSTANTE**

Gerardo Ordóñez

Asesorado por el Ing. Qco. Juan José López Argueta

Guatemala, julio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE COLORANTES,
ASOCIADO A CANDELAS DE MEZCLA DE PARAFINA, POR EXPOSICIÓN
DE LUZ ULTRAVIOLETA Y LUZ BLANCA VISIBLE A UNA
TEMPERATURA CONSTANTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GERARDO ORDÓÑEZ

ASESORADO POR EL ING. QCO. JUAN JOSE LÓPEZ ARGUETA

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JULIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael Gonzáles Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Francisco Espinoza Smith
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Julio Enrique Chávez Montufar
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración, mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE COLORANTES,
ASOCIADO A CANDELAS DE MEZCLA DE PARAFINA, POR EXPOSICIÓN
DE LUZ ULTRAVIOLETA Y LUZ BLANCA VISIBLE A UNA
TEMPERATURA CONSTANTE,**

tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 26 de agosto de 2003.

Gerardo Ordóñez

ACTO QUE DEDICO A:

Dios Por todas las bendiciones y sabiduría dadas, que me permitieron llegar a culminar esta meta tan anhelada y por iluminar mi camino en cada momento.

Mi Familia Por su cariño sincero, sacrificio y esfuerzo que depositaron en mí. En especial a mi madre Mirna del Rosario Ordóñez. Los quiero mucho y siempre estaré con ustedes.

Mi Abuela (Q.E.P.D.) Que vive eternamente en mi memoria y por ser el ángel de mi guarda.

Mis Tíos En especial a Emilio Alberto Ordóñez
Ingeniero Oscar Francisco Castro
Maria Elena Ordóñez de Castro, por toda su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Quien ha iluminado mi camino y me ha ayudado a esquivar todas las dificultades, permitiendo llegar a culminar esta meta tan anhelada.

Ing. Francisco Calzada

Por su apoyo y confianza, que sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.

Ing. Juan José López

Por su colaboración y tiempo dedicado a la asesoría del trabajo de graduación.

Ing. César García

Por su colaboración y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo de graduación.

Empresa Xanadu Corporation

Que me permitió usar sus instalaciones y equipo para las pruebas de campo de dicha tesis. En especial al Ingeniero Fernando Cifuentes, por el permiso otorgado para la culminación de este trabajo.

Además, hago extensivo mi agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron en conseguir tan ansiada meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTADO DE SÍMBOLOS	XXI
GLOSARIO	XXV
RESUMEN	XXIX
HIPÓTESIS	XXXI
HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	XXXI
OBJETIVOS	XXXIII
INTRODUCCIÓN	XXXV
1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 Definición de color	2
1.1.1 Luminosidad	3
1.1.2 Matiz	4
1.1.3 Saturación	4
1.2 Visión de color	4
1.3 Relación del color con la estructura química	5
1.3.1 Cromóforos	6
1.3.2 Auxocromos o aumentadores de color	7
1.4 Relación del color con la luz	8
1.5 Influencia de la luz sobre los materiales	8
1.5.1 Transmisión	8
1.5.2 Absorción	9
1.5.3 Dispersión	9
1.6 Sistema de clasificación de colores	10

1.6.1	Sistema Munsell	10
1.6.2	Sistema CIE	12
1.6.2.1	Fuentes estándar de iluminación	13
1.6.2.2	Observador estándar	14
1.6.3	Sistema CIELab	14
1.6.4	Sistema NCS	16
2	COLORANTES	17
2.1	Definición de colorante	17
2.2	Clasificación de los colorantes	17
2.2.1	Colorantes naturales	17
2.2.2	Colorantes sintéticos	18
2.2.2.1	Clasificación de colorantes de acuerdo con su estructura	18
2.2.2.1.1	Colorantes azóicos	18
2.2.2.1.2	Colorantes nitro	20
2.2.2.1.3	Colorantes antraquinónicos	21
2.2.2.1.4	Colorantes del trifenimetano	21
2.2.2.2	Clasificación de los colorantes de acuerdo con su método de aplicación	21
2.2.2.2.1	Colorantes substantivos o directos	22
2.2.2.2.2	Colorantes adjetivos o indirectos	22
2.2.2.2.3	Colorante de tina (de cuba)	22
3	PARAFINA	25
3.1	Definición de parafina	25
3.2	Cómo se clasifica la parafina	26
3.2.1	Por su estructura	26

3.2.2	Corte ancho	26
3.2.3	Punto de fusión	26
3.2.4	Por su punto de penetración	26
3.2.5	Por su origen	26
3.3	Fabricación de la parafina	27
3.4	Mezcla de parafinas	27
4	CAUSANTES DE LA DEGRADACIÓN DE UN COLORANTE	29
4.1	Fotodegradación	29
4.2	Luz solar	29
4.3	Luz ultravioleta	31
4.4	Luz visible	32
4.5	Luz fluorescente	33
4.6	Luz infrarroja	33
4.7	Oxidación térmica	34
5	PROTECTOR ULTRAVIOLETA	35
5.1	Definición de un protector ultravioleta	35
5.2	Cómo se clasifican los protectores ultravioleta	35
5.3	Definición de absorbedores ultravioleta	36
5.4	Definición de inhibidor ultravioleta	36
5.5	Por qué es necesario un estabilizador ultravioleta	36
5.6	Pasos de la degradación	37
5.7	Cómo trabaja un inhibidor	39
5.8	Clases de estabilizadores de luz	40
5.8.1	Uvas	40
5.8.2	Hals	40

6	ESPECTROFOTOMETRÍA	43
6.1	Espectrofotómetro	43
6.2	Tipos de espectrofotómetro	44
6.2.1	Espectrofotómetros de haz simple o doble	44
6.2.2	Espectrofotómetros monocromadores simples y de dispersión	44
6.2.3	Sistema de detección visual o fotoeléctrico	44
6.3	Espectrofotómetro Hunterlab	45
6.3.1	Descripción física del equipo	45
6.3.2	Funcionamiento	46
6.4	Lectura en el Hunterlab	48
6.4.1	Lectura de estándar	48
6.4.2	Lectura de la muestra	49
6.5	Información tomada por el Hunterlab	49
6.5.1	Escala de color XYZ	49
6.5.2	Codificación para la medición de diferencias de color	50
6.5.3	Datos que proporciona el HunterLab XE	51
6.5.3.1	Ventana de información de color	51
6.5.3.2	Ventana de coordenadas de color	51
6.5.3.3	Otra información que despliega el programa	52
7	RESULTADOS	53
8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
	CONCLUSIONES	135
	RECOMENDACIONES	139

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
BIBLIOGRAFÍA	145
APÉNDICE A RECURSOS DE MATERIALES	151
APÉNDICE B PRESENTACIÓN DE LAS TABLAS Y GRÁFICAS QUE PROPORCIONA EL HUNTERLAB SCAN XE	159
APÉNDICE C PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1	Grupo cromóforos	6
2	Grupos auxócromos	7
3	Matices designados	11
4	Espacio de color munsell	12
5	Diagrama Cielab	15
6	Reacción del primer colorante azo	19
7	Primer colorante azo a partir de anilina	20
8	El espectro electromagnético	31
9	Equipo de hunterlab LabScan XE	46
10	Diagrama de un espectrofotómetro	47

11	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla uno usando colorante amarillo	64
12	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla dos usando colorante amarillo	64
13	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla tres usando colorante amarillo	65
14	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo	65
15	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla uno usando colorante amarillo	66
16	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla dos usando colorante amarillo	66
17	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla tres usando colorante amarillo	67
18	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo	67
19	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla uno usando colorante anaranjado	68
20	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla dos usando colorante anaranjado	68

21	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla tres usando colorante anaranjado	69
22	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla cuatro usando colorante anaranjado	69
23	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla uno usando colorante anaranjado	70
24	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla dos usando colorante anaranjado	70
25	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla tres usando colorante anaranjado	71
26	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla cuatro usando colorante anaranjado	71
27	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla uno usando colorante rojo	72
28	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla dos usando colorante rojo	72
29	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lvb a la mezcla tres usando colorante rojo	73
30	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla cuatro usando colorante rojo	73

31	Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla uno usando colorante rojo	74
32	Gráfica de datos de la exposición a la radiación electromagnética de luv a la mezcla dos usando colorante rojo	74
33	Gráfica de datos de la exposición a la radiación electromagnética de luv a la mezcla tres usando colorante rojo	75
34	Gráfica de datos de la exposición a la radiación electromagnética de luv a la mezcla cuatro usando colorante rojo	75
35	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla uno usando colorante amarillo	76
36	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla dos usando colorante amarillo	76
37	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla tres usando colorante amarillo	76
38	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo	77
39	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla uno usando colorante anaranjado	77
40	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla dos usando colorante anaranjado	77

41	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla tres usando colorante anaranjado	78
42	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla cuatro usando colorante anaranjado	78
43	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla uno usando colorante rojo	78
44	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la a la mezcla dos usando colorante rojo	79
45	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla tres usando colorante rojo	79
46	Gráfica de comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla cuatro usando colorante rojo	79
47	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 3 usando colorante amarillo	80
48	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 2 y 4 usando colorante amarillo	80
49	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 3 usando colorante amarillo	80
50	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 2 y 4 usando colorante amarillo	81

51	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 3 usando colorante anaranjado	81
52	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 2 y 4 usando colorante anaranjado	81
53	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 3 usando colorante anaranjado	82
54	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 2 y 4 usando colorante anaranjado	82
55	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 3 usando colorante rojo	82
56	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 2 y 4 usando colorante rojo	83
57	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 3 usando colorante rojo	83
58	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 2 y 4 usando colorante rojo	83
59	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 2 usando colorante amarillo	84
60	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 3 y 4 usando colorante amarillo	84

61	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 2 usando colorante amarillo	84
62	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 3 y 4 usando colorante amarillo	85
63	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 2 usando colorante anaranjado	85
64	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 3 y 4 usando colorante anaranjado	85
65	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 2 usando colorante anaranjado	86
66	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 3 y 4 usando colorante anaranjado	86
67	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 2 usando colorante rojo	86
68	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla 3 y 4 usando colorante rojo	87
69	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 2 usando colorante rojo	87
70	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla 3 y 4 usando colorante rojo	87

71	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla uno usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	88
72	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla dos usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	88
73	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla tres usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	88
74	Gráfica de comparación entre los datos de lbv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	89
75	Gráfica de comparación entre los datos de luv a la mezcla uno usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	89
76	Gráfica de comparación de los datos de luv a la mezcla dos usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	89
77	Gráfica de comparación de los datos de luv a la mezcla tres usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	90
78	Gráfica de comparación de los datos de luv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo, anaranjado y rojo	90
79	Molde de Aluminio de 2 ½ X 1 ½ pulgadas	146
80	Cámara de luz ultravioleta	148
81	Cámara de luz ultravioleta vista interior	148

82	Cámara de luz blanca visible	150
83	Bandeja de la cámara de luz blanca visible	150
84	Espectrofotómetro LabScan XE	152
85	Espacio de color CIELAB	155
86	Grafica de coordenadas colorimétricas a, b	156

Tablas

I	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla uno, usando colorante amarillo	56
II	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla dos, usando colorante amarillo	56
III	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla tres usando colorante amarillo	56
IV	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla cuatro, usando colorante amarillo	57
V	Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante amarillo	57
VI	Datos por la exposición de la luv a la mezcla dos, usando colorante amarillo	57
VII	Datos por la exposición de la luv a la mezcla tres, usando colorante amarillo	58
VIII	Datos por la exposición de la luv a la mezcla cuatro, usando colorante amarillo	58
IX	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla uno, usando colorante anaranjado	58

X	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla dos, usando colorante anaranjado	59
XI	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla tres, usando colorante anaranjado	59
XII	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla cuatro, usando colorante anaranjado	59
XIII	Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante anaranjado	60
XIV	Datos por la exposición de la luv a la mezcla dos, usando colorante anaranjado	60
XV	Datos por la exposición de la luv a la mezcla tres, usando colorante anaranjado	60
XVI	Datos por la exposición de la luv a la mezcla cuatro, usando colorante anaranjado	61
XVII	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla uno, usando colorante rojo	61
XVIII	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla dos, usando colorante rojo	61
XIX	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla tres, usando colorante rojo	62

XX	Datos por la exposición de la lbv a la mezcla cuatro, usando colorante rojo	62
XXI	Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante rojo	62
XXII	Datos por la exposición de la luv a la mezcla dos, usando colorante rojo	63
XXIII	Datos por la exposición de la luv a la mezcla tres, usando colorante rojo	63
XXIV	Datos por la exposición de la luv a la mezcla cuatro, usando colorante rojo	63
XXV	Información por el hunterlab scan xe	153
XXVI	Resultados del análisis estadístico, muestra expuesta a la radiación electromagnética de lbv y luv	163
XXVII	Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de lbv	163
XXVIII	Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de luv	164
XXIX	Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de lbv	164

XXX	Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de luz	165
XXXI	Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de lbv y luz	168

LISTADO DE SÍMBOLOS

>	Mayor que
°C	Grados celsius (centígrados)
a*	Representa eje rojo/verde + = más rojo - = más verde
b*	Representa eje amarillo/azul + = más amarillo - = más azul
Da*	Diferencia en el eje rojo/verde
Db*	Diferencia en el eje amarillo/azul
DEcmc	Diferencia total de color calculado con una ecuación de diferencia de color
DL*	Diferencia en el valor claridad/oscuridad
Escala L, a , b	Es una escala uniforme de color propuesta por Hunter para usar colores oscuros con objetos transparentes y metálicos.
h ° mst	Ángulo de matiz muestra
h ° std	Ángulo de matiz estándar
h °	Ángulo de matiz
H₁	Hipótesis alternativa
H₀	Hipótesis nula
IR	Infrarroja
L*	Representa claridad
λ	Lamda (longitud de onda)
LBV	Luz blanca visible
LCH	Luminosidad, cromaticidad y matiz
LUV	Luz ultravioleta

mm	milímetro
nm	manómetro
UV	Ultravioleta
VIS	Visible
ΔC	Diferencia de croma + = más brillante - = más opaco
ΔE^*	Valor de la diferencia total de color
ΔH°	Diferencia de matiz
μ_1	Media poblacional uno
μ_2	Media poblacional dos
Y	Sumatoria de datos muestral
\bar{Y}	Media muestral
s^2	Variación muestral
S	Desviación estándar muestral
Sp^2	Estimación de la variación común
to	Distribución t
Y_{ij}	Observación del tratamiento i y del bloque j
λ_i	Media general
γ_i	Efecto del i-ésimo tratamiento
β	Efecto del j-ésimo valor observado de la covariable
ξ_{ij}	Componente del error aleatorio
\bar{Y}_i	Promedio de las observaciones del tratamiento i
\bar{Y}_j	Promedio de las observaciones del bloque j
$\bar{Y}_{..}$	Promedio de todas las observaciones
N	Número total de observaciones

a	Número de tratamientos
b	Número de bloques
SST	Suma total de cuadrados
SStrat	Suma de cuadrados debido a los tratamientos
SSbloq	Suma de cuadrados debido a los bloques
SSE	Suma de cuadrados de error de modelo reducido
MSE	Variación del error experimental
SSE	Suma de cuadrados de error
Fo	Distribución F

GLOSARIO

Absorción	Pérdida de la intensidad de los rayos luminosos al atravesar éstos un medio cualquiera por tenue y transparente que éste sea.
Alizarina	Sustancia colorante roja, antes extraída de la rubia, hoy fabricada sintéticamente a partir del alquitrán.
Colores primarios	También conocidos como colores fundamentales, estos son los colores amarillo, rojo y azul, en mezcla apropiada se pueden reconstruir los demás colores.
Destilación	Separación por el calor de los principios contenidos por ciertas sustancias sólidas, con objeto de recogerlos en forma de gas.
Dispersión	Descomposición de la luz blanca en radiaciones de diversos colores.

Energía radiante	Se llama así la energía de las ondas electromagnéticas (Rayos gamma, rayos X, rayos ultravioleta, rayos luminosos e infrarrojos).
Espectro	Sucesión ordenada de las longitudes de onda o frecuencias que intervienen en un fenómeno de naturaleza electromagnética, acústica, etc.
Fotodegradación	Cambio inducido en la condición de un material fotoquímicamente
Fotosensibilizador	Sensible a la acción de las radiaciones luminosas.
<i>High melt</i>	Se define a las parafinas que poseen un punto de fusión mayor de 70 ° C, éstas por lo general son parafinas sintéticas.
Ley de Beer	Cuando el objeto coloreado es una solución, la cantidad de luz absorbida es directamente proporcional a la concentración del soluto en solución.
Ley de Lambert	A cualquier longitud de onda, la cantidad de luz monocromática transmitida es proporcional

a la intensidad de la incidente. La absorción de luz es una función exponencial del espesor, o sea que la luz absorbida es directamente proporcional al espesor de la solución.

Longitud de onda

Es la distancia entre dos puntos idénticos de dos ciclos repetitivos adyacentes de la onda.

Low melt

Se define a las parafinas que poseen un punto de fusión entre 58 y 60° C.

Luminancia

Cociente de la intensidad luminosa de una superficie dividida por el área aparente que tiene la misma para el observador alejado de ella.

Luminosidad

Es la relación entre abertura máxima del objetivo y su distancia focal, pero cuando ambas magnitudes son iguales en dos objetivos, la luminosidad es menor en el que cuenta más lentes, dado que estas multiplican las pérdidas de luz por reflexión.

Radicales libres

Grupo de átomos pertenecientes a una molécula, pero al cual se atribuye carácter propio porque, al término de las reacciones, conserva íntegra su estructura.

Síntesis	Composición o reconstrucción de un todo a partir de sus constituyentes tomadas separadamente.
Transparente	Propiedad de los cuerpos que dejan pasar los rayos luminosos a través de su masa.
Tolerancia	Es el límite que determina qué tan lejos una muestra puede estar desviada del estándar.

RESUMEN

Para la elaboración de velas aromáticas se utiliza una gran gama de colorantes, los cuales están expuestos a condiciones extremas de temperatura e iluminación, lo que favorece el inicio de su degradación en la vela.

Los colorantes que se estudiaron pertenecen a la familia Azo los cuales fueron de color amarillo, anaranjado y rojo, utilizando cuatro mezclas diferentes, las cuales todas tienen mezcla de parafina y la variante es con 0.01% de colorantes, 0.001% de colorante, 0.01% de colorante con 0.01% de inhibidor ultravioleta, y por último 0.001% de colorante con 0.01% de inhibidor ultravioleta, las cuales fueron expuestas a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta.

El estudio fue para evaluar la degradación ocasionada por las radiaciones a las diferentes mezclas, que fueron expuestas durante diez días, tomándose las lecturas cada veinticuatro horas con un espectrofotómetro Hunterlab Scan XE. Se determinó que la radiación electromagnética de luz ultravioleta ejerce mayor degradación del color, que la concentración de 0.01% de inhibidor ultravioleta solamente aumenta la degradación del color a las muestras con 0.01% de colorante, en cambio se obtiene una leve protección a las muestras con concentración de 0.001% de colorante, también entre más claro es el colorante mayor degradación de éste sufre, estadísticamente sí existe diferencia significativa en la degradación entre colorantes.

HIPÓTESIS

Es posible que exista degradación más notable determinado por el tipo de colorante usado en mezcla de parafina, por efecto del tipo de exposición de dos fuentes de luz en función del tiempo.

HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

H₀: No existe una diferencia significativa en la degradación de tres tipos de colorantes usados para elaborar velas aromáticas de parafina, a dos diferentes concentraciones al ser expuestas a dos diferentes fuentes de radiación electromagnética (luz ultravioleta y luz blanca visible).

H₁: Existe una diferencia significativa en la degradación de tres tipos de colorantes usados para elaborar velas aromáticas de parafina a dos colorantes diferentes concentraciones, al ser expuestas a dos diferentes fuentes de radiación electromagnética (luz ultravioleta y luz blanca visible).

OBJETIVOS

GENERAL

Comparar el efecto de degradación ocasionado por la exposición de dos diferentes fuentes de iluminación, a una temperatura constante, sobre algunos colorantes asociados a una mezcla de parafina, para la elaboración de velas aromáticas en función del tiempo de exposición.

ESPECÍFICOS

1. Comparar el comportamiento de degradación de tres colorantes asociados a la familia azo, para elaborar la mezcla de parafina para velas aromáticas por exposición de la luz ultravioleta y la luz blanca visible, a una temperatura constante, a dos concentraciones diferentes y en función del tiempo de exposición.
2. Evaluar el uso de un inhibidor de la radiación electromagnética (luz ultravioleta y luz blanca visible), a una concentración de 0.01% como retardante en la degradación de tres colorantes utilizados en la mezcla de parafina, para la elaboración de velas aromáticas

INTRODUCCIÓN

La competitividad del mercado a nivel mundial exige un despliegue tecnológico que dé soporte a todos los procesos industriales, los cuales garanticen un producto de buena calidad y de bajo costo, por lo que Guatemala no está al margen ya que la exportación de productos no tradicionales son una gran fuente de ingresos para el país. Por lo que todo producto elaborado debe cumplir y conservar sus especificaciones establecidas, mediante la relación contractual con el cliente. En el caso de la industria de la elaboración de velas aromáticas se ha recurrido a la tecnología como una herramienta clave para garantizar que todo el producto siempre conserve sus especificaciones.

La degradación del color es un problema que afecta la vida de anaquel de todo producto coloreado, dando como resultado un cambio en su apariencia. Dicho problema es causado por la luz ultravioleta proveniente de fuentes como el sol y la iluminación artificial. También hay otros factores que causan dicho fenómeno como el calor y el envejecimiento natural del producto.

En la elaboración de velas aromáticas, la formulación de color puede variar por diferentes motivos como: diferencia de lote de colorante, diferente proveedor, altas temperaturas en la elaboración de la vela, diferencia de blancura en la parafina, error humano en pesado, etc., por lo que es necesario llevar un control por medio del espectrofotómetro, el cual nos puede dar una guía de qué tan alejados se esté de la muestra estándar y así poder corregir el color lo más cercano a éste.

En la industria actualmente, las fábricas tienden a automatizar sus procesos, ya que esto los hace más productivos y fáciles de manejar, el manejo de personal se reduce y el producto terminado adquiere características más estables que en los procesos manuales, donde se depende mucho del personal que realiza la operación. Por lo cual se hace necesaria la valuación periódica del proceso para la verificación del buen funcionamiento del equipo.

Debido a la importancia estratégica de la información en el mundo globalizado, cada vez más competitivo, el presente trabajo de investigación se considera de interés para la competitividad de la empresa patrocinante; además, por su contenido científico se considera de interés general académico.

El presente trabajo de investigación será sustentado por bases teóricas y apoyadas por datos experimentales en una forma objetiva e interpretadas en la misma forma para llegar a conclusiones que sirvan de apoyo para las tomas de decisiones en la selección, almacenamiento, formulación y utilización de materiales colorantes en la fabricación de candelas a nivel industrial.

1 MARCO TEÓRICO

La Industria de la fabricación de las velas aromáticas ha tenido altas y bajas en el mercado mundial debido a esto la oferta y la demanda fluctúa constantemente por lo que el mercado exige que existe una gran variedad de formas, tamaños, colores y aromas, que satisfagan las exigencias del cliente, pero lo más importante es que el precio sea barato.

Por lo que esto ha motivado a algunas empresas a investigar y desarrollar la fabricación de las velas aromáticas. Se evalúan un sin número de materias primas que puedan sustituir las materias primas ya existentes, en la cual su precio es más bajo, pero sin perder la calidad de los materiales originales.

Esto ha motivado a muchas empresas proveedoras de materiales para la elaboración de velas aromáticas a desarrollar e investigar su mejora. Se pueden citar a las compañías CIBA y CLARIANT, estas empresas se dedican en su mayor parte a producir colorantes, pinturas, lacas y aditivos para muchas ramas de la industria, en los últimos años han estado investigando el uso de estos productos aplicados a la industria de las velas. Por lo cual han tomado en cuenta los procedimientos y protocolos de los mismos en cuanto a la investigación en el campo de las velas aromáticas, pero siempre conservando su propio criterio.

Ciba realizó un estudio de sus colorantes, estos son de origen orgánico de la familia Azo, Diazo y Antraquinona (colores Amarillo, Rojo y Azul respectivamente). Utilizando mezcla de parafina para elaborar velas, produjeron muestras de 3 1/2 X 2 1/8 X 1/8 de pulgada para su estudio. Estas muestras fueron expuestas en cámara de luz ultravioleta, estas cámaras poseen lámparas de una longitud de onda de 368 nm, las muestras estaban a una distancia de las lámparas de 30 cm, fueron expuestas a la luz ultravioleta por 46 días. Este estudio también se realizó agregándole a la mezcla de parafina sus protectores ultravioleta. Ciba llegó a la conclusión que una combinación de sus protectores ultravioleta inhiben la degradación del color en la parafina.

Por aparte la Empresa Clariant ha realizado estudios de sus protectores ultravioleta en el cual retardan la degradación de sus colorantes y pigmentos ante la exposición de la luz ultravioleta.

1.1 Definición de color

El color es una sensación que evoca una respuesta a un estímulo del ojo y su respectivo mecanismo nervioso por medio de una energía radiante de cierta longitud de onda e intensidad. (Ref. 21)

También el color se define desde un punto de vista del diseño como una manifestación básica de la naturaleza, es el resultado de la tercera dimensión en el ojo humano, donde se encuentra una multitud de nervios receptores los cuales están divididos en tres grupos, cada grupo es sensible a un color primario. (Ref. 24)

Newton teorizó que el color era el producto de la reflexión selectiva de los rayos de luz. Cuando la luz alcanza un objeto, algunos rayos son absorbidos y otros reflejados, produciéndose así el color. (Ref. 27)

La producción física del color requiere de tres cosas: una fuente de luz, un objeto que es iluminado y un detector que es usualmente el ojo y el cerebro. La combinación de estas tres cosas proporciona los estímulos, el cual el cerebro lo convierte en nuestra percepción del color. (Ref. 4)

Desde un punto de vista técnico el color es una característica tridimensional de la apariencia del objeto, los cuales son Luminosidad (llamado también valor), Matiz y Saturación. (Ref. 24)

1.1.1 Luminosidad (Value)

La Luminosidad es el brillo del color observado. Por medio de este atributo se distinguen los colores claros de los colores oscuros. Esta se mide en una escala que va del negro puro hasta el blanco puro en un rango de 0 a 100. (Ref. 24) El valor del color esta determinado por su propiedad de reflexión, es decir, cuanta luz es reflejada otra vez al ojo.

1.1.2 Matiz (Hue)

El matiz es generalmente el primer atributo del color que se percibe, este es el que indica si un objeto es rojo, amarillo, verde, azul y así sucesivamente. (Ref. 24)

1.1.3 Saturación (Chroma)

La saturación es la medida en que un matiz esta concentrado. La saturación se mide en una escala que va desde una sensación de máxima pureza hasta otra en lo que el mismo matiz ha sido reducido a una sensación acromática hasta el punto que apenas se distinga con un gris neutro puro. (Ref. 24)

También se le conoce como croma, esto nos indica que tanta pureza o intensidad de un color particular, en otro caso se puede definir también como la cantidad de gris que contiene un color, mientras más gris o neutro es menos brillante o saturada es.

1.2 Visión de color

Esta es la capacidad que posee el ojo humano para responder a los colores. Esta respuesta se limita a tres manera que son independientes entre si. La relación es Azul-Violeta, Verde y Rojo, ninguna de estas reacciones pueden producirse como combinación de las otras, sino solo pueden producirse como colores primarios y pueden combinarse en diversas proporciones para producir la sensación de los demás colores.

Por ejemplo si el ojo humano es estimulado simultáneamente con la luz Azul-Violeta y la luz Roja, se obtiene un resultado de una sensación púrpura, es uno de los matices no encontrados en el espectro, de igual manera un estímulo simultáneo de una luz Verde con una Roja se produce una sensación amarilla.

Un compuesto químico obtiene su color cuando absorbe Energía Radiante de una longitud de onda que pertenece a la parte visible del espectro, con dichas condiciones de la luz transmitida o bien reflejada dicho compuesto produce la sensación de color.

El color de un colorante se “intensifica” cuando aumenta la longitud de onda de absorción. (Ref. 16)

1.3 Relación del color con la estructura química

Las sustancias que exhiben color tienen electrones que se excitan con facilidad debido a la absorción de longitudes de onda visible. Ciertos compuestos orgánicos son especialmente útiles como fuentes de color. Las moléculas de compuestos orgánicos que no tienen enlaces dobles o anillos bencénicos no absorben selectivamente en la región visible del espectro; por consiguiente son incoloras.

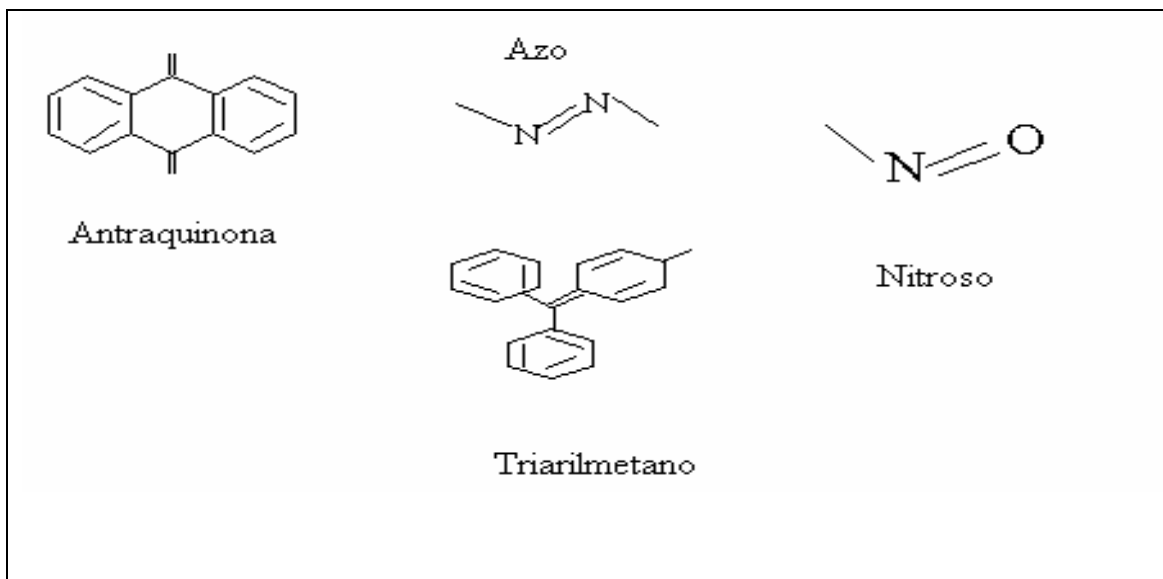
Por aparte las moléculas que si poseen enlaces dobles o anillos bencénicos absorben algunas longitudes de onda visible y transmiten luz. Los electrones que se excitan con facilidad con la luz visible suelen encontrarse en moléculas donde varios átomos están unidos por enlaces dobles o simples alternados. (Ref. 15)

Los grupos que producen color en los compuestos orgánicos se llaman cromóforos y otro grupo que modifica el color producido por los cromóforos, que en muchos casos la molécula tiene afinidad para las fibras se llama auxocromos.

1.3.1 Cromóforos

Los cromóforos o portadores de color son los grupos que le dan la potencialidad para el color, estos son, (ver figura 1), el grupo nitroso, azo, antraquinona, triarilmetano, etc.

Figura 1. Grupos Cromóforos



Fuente: Macy, Rodolph. Química orgánica simplificada

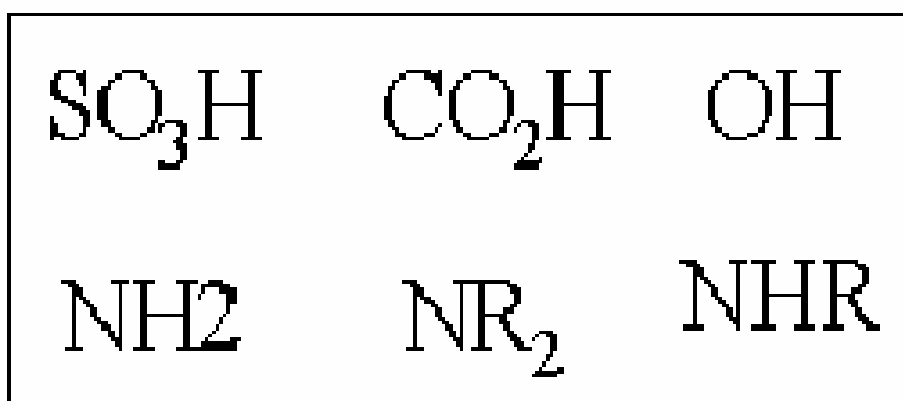
Pág. 461

Pero una sustancia no solamente determina el color por estos grupos, sino también por la estructura de la molécula de la que es parte el cromóforo. La actividad colorante de los grupos cromóforos esta íntimamente asociado con la teoría de la resonancia y con la instauración, es decir, con la existencia de dobles enlaces como $N=N$, $C=C$. (Ref. 20)

1.3.2 Auxocromos o aumentadores de color

Los auxocromos son compuestos que poseen un radical formador de sales, que intensifican el color y desarrollan las propiedades colorantes o tintoriales. Estos tienen como función adicional hacer que el colorante se fije en al tela u otros artículos por la formación de sales. La capacidad de los grupos auxocromos de intensificar el color se debe a que pueden actuar como grupos donadores de electrones, (ver figura 2). Los electrones suministrados por los grupos auxocromos requieren, un grupo cromóforo que ofrezca el camino en que pueda desplazarte. (Ref. 20)

Figura 2. Grupos Auxocromos



Fuente: Macy, Rodolph. Química orgánica simplificada
Pág. 461

1.4 Relación del color con la luz

El color esta muy relacionada con la luz debido a que esta es una forma de energía formada por un espectro o longitud de onda. Debido a la relativa insensibilidad del ojo humano la parte visible de este espectro esta limitada a una banda muy angosta de longitudes.

El matiz que reconocemos como azul yace por debajo de aproximadamente 480 nm; el verde aproximadamente entre 480 y 560 nm; el amarillo esta entre 560 y 590 nm; el naranja entre 590 y 630 nm; y el rojo a longitudes de ondas mas largas que 630 nm. (Ref. 15)

1.5 Influencia de la luz sobre los materiales

Cuando la luz incide en un cuerpo, una o varios fenómenos pueden ocurrir con relación al color.

1.5.1 Transmisión

La luz se desplaza en una sola dirección, lo que quiere decir que puede ser transmitido a través del material, descrito como transparente. Si el material es incoloro, toda la luz es transmitida, excepto por una pequeña cantidad que es reflejada desde dos superficies del objeto. Este reflejo se puede considerar como una dispersión de la luz y

cuando ocurre, existe un cambio en una medida denominada índice de reflexión, el cual mide la cantidad de luz retardada dentro del material con relación a su velocidad en el aire. (Ref. 4)

1.5.2 Absorción

La luz además de ser transmitida puede ser absorbida o puede perderse como luz visible. Si una gran cantidad de luz es absorbida se puede percibir que al menos una parte de ella es convertida en calor. Si el material absorbe parte de la luz, y es levemente transparente aparece coloreado en cambio si absorbe toda la luz, el material es negro se dice que este es opaco. Existen dos leyes fundamentales que explican la absorción de luz, que son la ley de Lambert y la ley de Beer. (Ref. 4)

1.5.3 Dispersión

La luz puede ser dispersada cuando interactúa con la materia. Parte de la luz es absorbida y reemitida en la misma longitud de onda, pero en diferentes direcciones. Los efectos de la dispersión de la luz son comunes y muy importantes, de esta manera podemos entender que la dispersión que sufre la luz por las moléculas del aire forma el color azul del cielo, o bien, la dispersión de las partículas más grandes forman los colores blancos de las nubes, humos y la mayoría de pigmentos blancos. (Ref. 4)

1.6 Sistemas de clasificación de colores

Siempre que se desea hablar de medición de color, percepción o descripción de un producto en particular es necesario el uso de varios lenguajes para describir todos los aspectos del color. Por lo que era necesario crear un sistema donde todo este lenguaje se simplificara, pero a través del tiempo han surgido varios sistemas, los cuales han variado la clasificación de los colores pero que a su vez han simplificado su entendimiento.

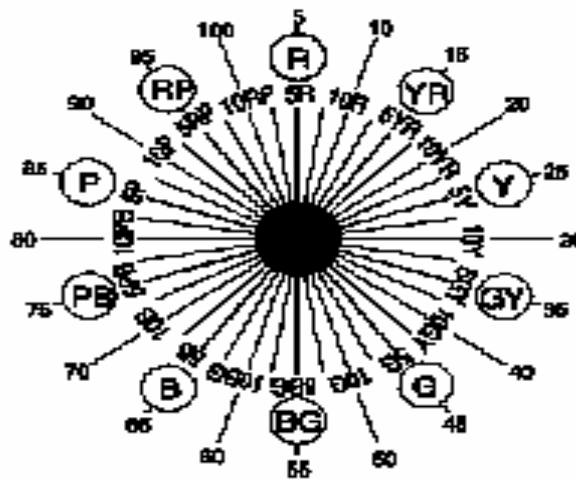
1.6.1 Sistema Munsell

Quizá, el mejor sistema de ordenación de color es el sistema Munsell. Basado en el principio de percepción visual equitativo de una muestra. El sistema Munsell es tanto una colección de muestras pintadas que representan intervalos iguales de percepción visual entre muestras adyacentes y un sistema que describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas. En 1905 Albert Munsell afirmaba que el color puede ser especificado mediante un sistema apropiado, basado en el tono (Matiz), claridad (Luminosidad) y croma (Croma). Proponía un sistema que estableciera las tres dimensiones del color u midiera cada una de ellas mediante una escala apropiada.

Las coordenadas del sistema Munsell son, Matiz Munsell, Valor Munsell y Croma Munsell, estas coordenadas corresponden a tres variables comúnmente usadas para describir el color; el matiz o tono indica su posición en una escala espaciada de 100 tonos. Esta escala está compuesta por 10 tonos fundamentales (5 principales y 5 intermedios), también es la cualidad donde se describe el color (rojo, amarillo, verde,

etc.); el valor es la cualidad por la cual un color puede ser clasificado como equivalente en claridad, algunos miembros de las series de los grises, rango de blanco o de negro; donde el negro absoluto es (0) al blanco absoluto (10), el 5 representa un gris medio. El croma es la cualidad que describe el grado de diferencia que hay entre los colores, la escala se extiende /0, para un gris, hasta /10, /12, /14 o mas dependiendo lo saturado que sea el color. En el sistema Munsell arregla en planos o paginas de matiz constante, el valor Munsell esta arreglado en dirección en dirección vertical y el croma en el horizontal. El matiz Munsell esta expresado por un numero y una letra combinándose Y o bien 10GY donde las letras son tomada desde sus iniciales de los matices mayores (Y yellow (amarillo), R red (rojo), G green (verde), B blue (azul), P purple (púrpura)) y los números corren desde 1 al 10. El valor y el croma Munsell son escritos después del matiz asignado y son separados por una diagonal 5R S/10. (ver figura 3)

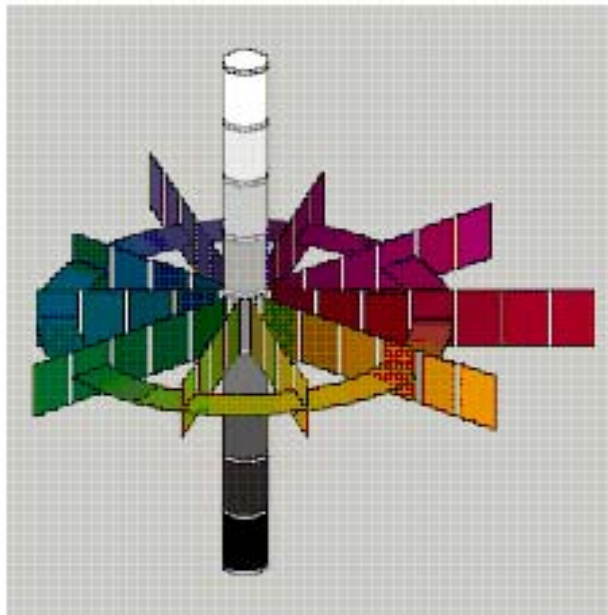
Figura 3. Matices designados



Fuente: http://gsc.pma-p.com/db/dbhelp/dbhelp_s/colour_s.html

Los colores del espectro se dividen en 10 matices básicos, están espaciados alrededor de un eje de luminosidad vertical conocido como Valor. La saturación se incrementa cuando se va desde el eje central (color gris) hacia fuera del color sólido, donde esta el color mas puro o saturado. De esta forma se obtiene la figura espacio de color de Munsell de los colores (ver figura 4). (Ref. 4)

Figura 4. Espacio de color Munsell



Fuente: http://gsc.pma-p.com/db/dbhelp/dbhelp_s/colour_s.html

1.6.2 Sistema CIE

El sistema CIE (siglas en francés Comisión Internacional de L'Eclairage), es la institución responsable de las recomendaciones internacionales para la fotometría y colorimetría, este sistema empieza por el estímulo que origina el color por la combinación de una fuente de luz, un objeto y un observador.

El CIE en 1931 introduce el elemento de estandarización de fuentes de luz y observador, también se desarrollo la metodología que deriva de números que provienen de una medida de color bajo una fuente estándar de iluminación por un observador estándar. (Ref. 4) Los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color, el sistema CIE XYZ, el sistema CIEL*a*b*, y el sistema CIE L*C* h°.

1.6.2.1 Fuentes estándar de iluminación

CIE recomendó el uso de fuentes estándar, estas son definidas como iluminación estándar cuando su distribución de poder espectral fueron medidos. Los iluminantes más comunes son:

Iluminante tipo A	Luz incandescente o de tungsteno.
Iluminante tipo C	Luz de día de cielo del norte, o luz de día promedio.
Iluminante tipo D65	Luz de día mas comúnmente usado, promedio de luz de medio día de todo el mundo.
Iluminante tipo D50	Luz de horizonte (luz solar al amanecer o al ocaso)
Iluminante tipo D55	Luz de media mañana o de media tarde.
Iluminante tipo D75	Nublado.
Iluminante tipo F2, Fcw, CWF, F	Fluorescente blanco o claro. (Ref. 4 y 14)

1.6.2.2 Observador estándar

La segunda mayor recomendación del CIE (1931) fue el observador estándar cuya visión de color es representativo del promedio de la población humana que tienen visión del color normal. La CIE es la principal organización internacional que se ocupa del color y de la medición de la misma.

En 1931 la CIE presentó un observador correspondiente a una visión de los colores bajo un ángulo de 2° , basado en investigaciones, esto se le llama visión 2° porque en los experimentos realizados por Wright y Guild involucro el tener a los sujetos juzgar colores mientras estos miraban a través de un agujero que les permitía ver en un campo de 2° de vista. Se tenía la idea de que todos los conos sensibles al color de los ojos, estaban localizados en un arco de 2° de la cornea por tal motivo se había escogido dicho ángulo de visión, pero en 1964 presentó otro observador de referencia suplementario con un ángulo de 10° debido a que se estableció que los conos estaban presentes en un área más grande del ojo. El observador 10° es considerado actualmente como el mejor representante de la respuesta espectral, pero todavía se usa 2° para pruebas de laboratorio. (Ref. 4)

1.6.3 Sistema CIELab

Los investigadores E.Q. Adams y R.S. Hunter, propusieron transformaciones matemáticas del sistema CIE, ellos se basaron en la teoría de los colores opuestos. Este sistema consta de tres ejes, el cual el color es percibido según la sensación de negro-blanco conocido como “L”, el rojo-verde conocido como “a” y

el amarillo-azul conocido como “ b “ por lo que se desarrollaron las siguientes formulas.
(Ref. 12) (ver figura 5)

$$L = 10 (Y)^{1/2}$$

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

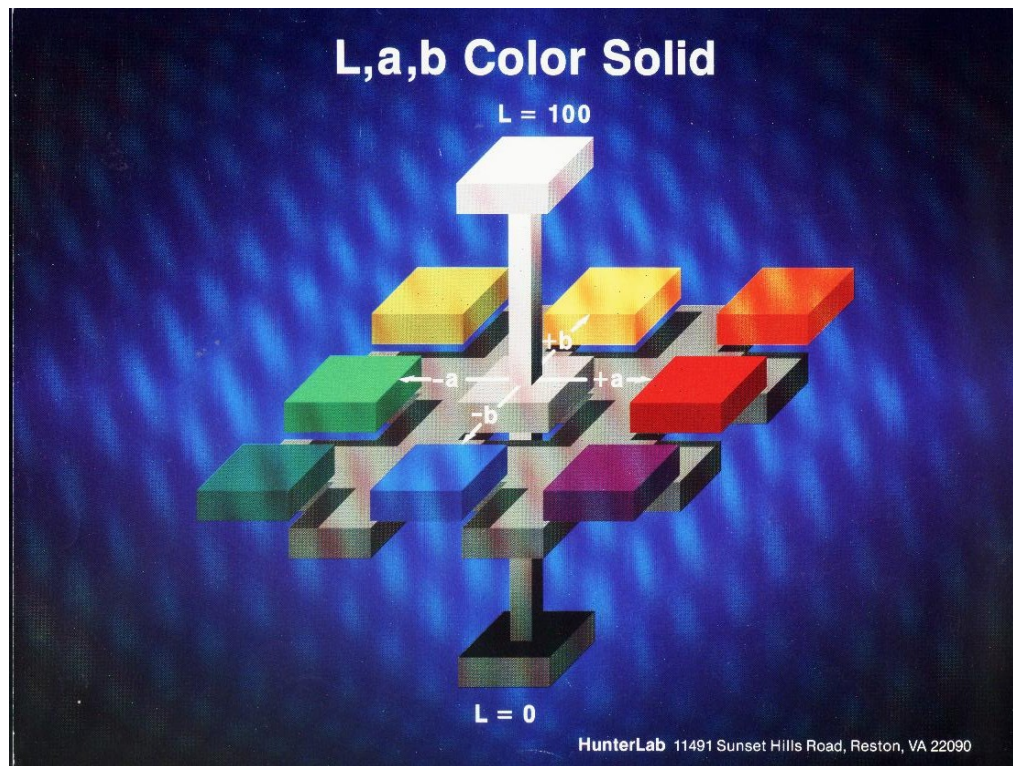
$$a = 17.5 ((X/0.98041) - Y) / (Y)^{1/2}$$

$$a^* = 500((X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3})$$

$$b = 7.0 (Y - (Z / 1.18103)) / (Y)^{1/2}$$

$$b^* = 200((Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3})$$

Figura 5. Diagrama CIElab



Fuente: www.Hunterlab.com

Donde “ L “ representa la luminosidad y varia de 0 a 100, el cero representa el negro y el 100 representa el blanco perfecto.

“a” significa rojizo cuando se tiene un valor positivo, gris cuando este valor es cero y verdoso cuando el valor es negativo.

“b” significa amarillento cuando se tiene un valor positivo, gris cuando es cero y azulado cuando se valor es negativo. (Ref. 4 y 23)

1.6.4 Sistema NCS

El sistema NCS (Natural Color System) desarrollado por el Instituto Escandinavo de color en 1960 es como los anteriores, un sistema de ordenación de colores que sigue un orden lógico y que asigna a cada uno una notación unívoca. La colección de cartas de colores NCS consta de 1750 muestras de colores uniformemente distribuidas en el espacio cromático, con el fin de satisfacer cualquier demanda o necesidad. Este sistema se basa en la suposición de la existencia de seis colores “monocromáticos” los cuales son el blanco (W), negro (S), amarillo (Y), azul (B), y el verde (G).

En la notación NCS por ejemplo 2030-Y0R, las primeras cifras representan el matiz del color que se dividen en 20% de negrura y 30% de cromaticidad máxima y por diferencia 50% de blancura que no aparece representado. La segunda parte representa el tono y describe la semejanza porcentual del color con los primarios cromáticos, en este caso se trata de un color amarillo (Y) con un 90% de rojo y un 10% de amarillo. (Ref. 4)

2 COLORANTES

2.1 Definición de colorante

Un colorante es un material natural o sintético, orgánico o inorgánico caracterizado por su habilidad para absorber total o parcialmente la luz visible o el espectro electromagnético, y que modifica el color de un sistema. (Ref. 8)

2.2 Clasificación de los colorantes

Los colorantes se pueden clasificar en naturales y sintéticos y estos a su vez se clasifican por su estructura química y por su método de aplicación. (Ref. 16)

2.2.1 Colorantes naturales

Los colorantes naturales son aquellos colorantes que se han usado desde la antigüedad como la alizarina (1,2-dioxiantraquinona) se encuentra en forma de glucósido en la raíz de la rubia. El índigo es un colorante azul, brillante y muy sólido que se obtienen de la planta Indigofera de la India. También son conocidos el palo de campeche, el fustic, quercitron, el cation, la cúrcuma y la cochinilla y se pueden mencionar muchos más. Todos estos colorantes son extraídos en forma natural ya sea de plantas o bien de insectos. (Ref. 16)

2.2.2 Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos son colorantes producidos por síntesis estos procesos se fueron perfeccionando igualando a los efectos de los colorantes naturales que prontamente los desplazaron.

2.2.2.1 Clasificación de colorantes de acuerdo con su estructura

Esta clasificación se basa en los grupos cromóforos, aquí

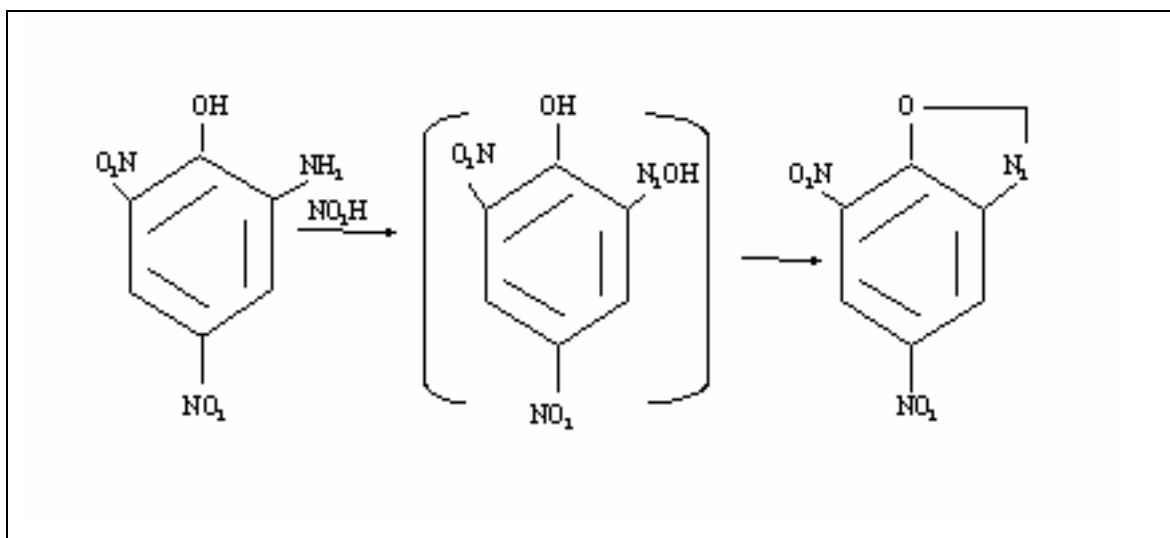
2.2.2.1.1 Colorante azoicos

Los colorantes azoicos son los colorantes que se hallan en la clase más numerosa y de más variadas aplicaciones. Es un grupo bien definido de compuestos caracterizado por la presencia de uno o varios grupos Azo (- N = N -). Según el número de grupos azo estos pueden ser Monoazoicos, bisazoicos, triazoicos, tetraquisazoicos, pentaquisazoicos y hexaquisazoicos. (Ref. 16)

El primer colorante azo fue sintetizado por Peter Griess (1858), (ver figura 6) el abrió un camino para la fácil preparación de numerosas sustancias coloreadas, esto lo descubrió poco después de descubrir los compuestos diazoicos resultado de un estudio realizado sobre la reacción que permite sustituir en un compuesto aromático un grupo de aminas por un oxidrilo al tratarla con ácido nitroso caliente en solución acuosa. (Ref. 16)

Griess aplico la reacción al ácido Picramico, esta amina es insoluble en agua, se vio obligado a utilizar alcohol como disolvente, al realizarse así no hubo necesidad para calentarla, cuyas propiedades del producto no eran las de un fenol, esto es el efecto de un Diazo-anhidrido. (Ref. 10)

Figura 6. Reacción del primer colorante azo

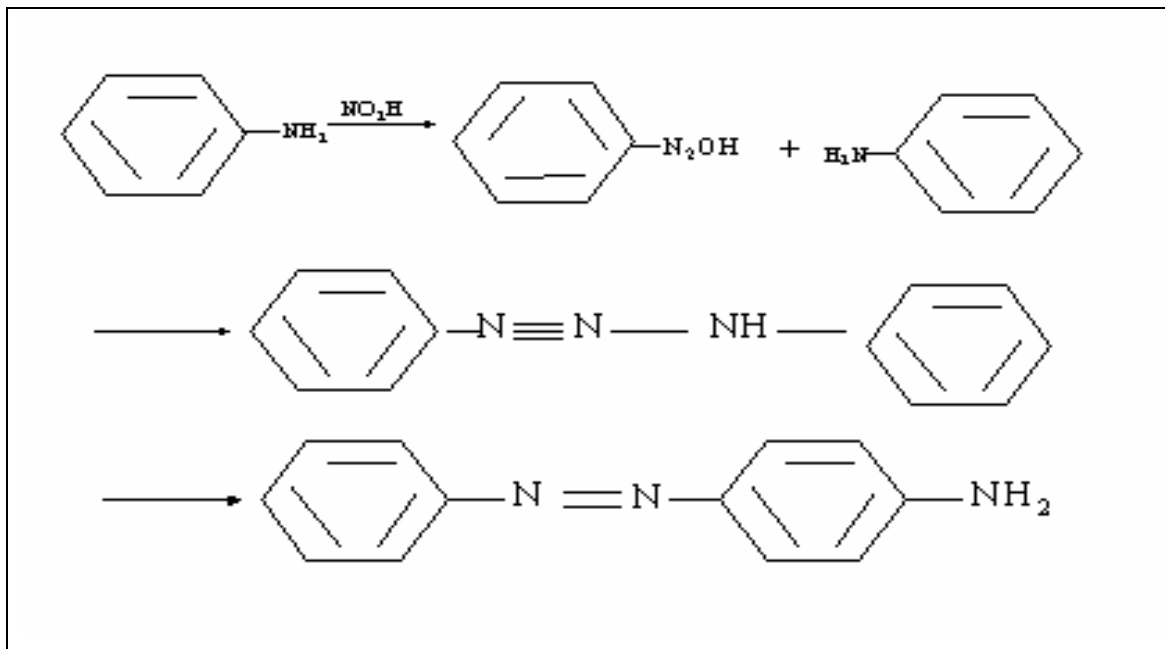


Fuente: Macy, Rodolph. Química orgánica simplificada

Pág. 465

Griess aplico dicha reacción a la anilina creando así el primer colorante azoico. (ver figura 7)

Figura 7. Primer colorante azo a partir de anilina



Fuente: Macy, Rodolph. Química orgánica simplificada

Pág. 465

Los colorantes azoicos más sencillos suelen ser amarillos. Cuando estos colorantes sufren ciertos cambios químicos por sustitución, el color puede variar del amarillo al rojo, al violeta o al azul. En cambio los colorantes azoicos de color pardo o negro suelen ser mezclados de colorantes.

2.2.2.1.2 Colorantes nitro

El grupo nitro ($-\text{NO}_2$) da principalmente colorantes amarillos, estos derivan de los fenoles. A este grupo pertenece el ácido pícrico obtenido de la nitración del fenol. (Ref. 9)

2.2.2.1.3 Colorantes antraquinónicos

Muchos colorantes antraquinónicos son derivados de compuestos de la antraquinona y otras quinonas afines, estos colorantes tienen gran potencia tintórea, brillantez y fijeza contra el lavado, el cloro, el sudor, la luz y efectos atmosféricos, etc. Estos colorantes son por lo común tinturas de tina de los cuales un ejemplo típico es la alizarina. (Ref. 16) Otros ejemplos más complejos son compuestos de pesos moleculares más altos que se preparan oxidando un derivado de la antraquinona en condiciones básicas. (Ref. 20)

2.2.2.1.4 Colorantes del trifenilmetano

Estos colorantes son derivados de hidrocarburos polinucleares aislados, como el trifenilmetano $[(C_6H_5)_3COH]$, al preparar estos colorantes se obtiene una sustancia incolora llamada leucobase. Con un oxidante moderado esta leucobase se convierte en colorante. Por ejemplo los más típicos son la fenolftaleína y la fluoresceína. (Ref. 20)

2.2.2.2 Clasificación de los colorantes de acuerdo con su método de aplicación

Estos se clasifican en colorantes ácidos o colorantes básicos, de acuerdo con su grupo auxocromo o sea ácido o básico.

2.2.2.2.1 Colorantes substantivos o directos

Los colorantes directos son substantivos para el algodón y otras fibras celulósicas. Poseen un peso molecular suficientemente alto para dar soluciones coloidales que son totalmente absorbidas. Estas son ayudadas a su adsorción sobre la fibra con la adición de una sal como sulfato sódico o cloruro de sodio. (Ref. 20)

2.2.2.2 Colorantes adjetivos o indirectos

Estos colorantes son llamados así debido a que no causan una unión estable con los tejidos, necesitando la ayuda de un mordiente para obtener colores fijos. Los colorantes adjetivos, que no son capaces de teñir el algodón directamente, son capaces con frecuencia de teñir la seda y la lana, sin la necesidad de utilizar mordientes. (Ref. 20)

2.2.2.3 Colorante de tina (de cuba)

Los colorantes de cuba se forman por reacciones químicas mientras están en contacto con la fibra. La mayor parte de los colorantes de cuba se introducen en el baño de tinción en una forma leuco, o estado incoloro, y el tejido impregnado así mediante una sustancia prácticamente incolora. Cuando se saca el tejido de la cuba ocurre una oxidación por acción del aire convirtiendo la leucoforma en el color directamente sobre las fibras. (Ref. 20) Los colorantes de tina son insolubles en agua, pero pueden hacerse acuosos solubles por medio de reducción en solución alcalina.

Donde la fibra absorbe la forma reducida del colorante. Esta reducción antiguamente se realizaba por medio de fermentación en grandes cubas o tinajas, de allí deriva su nombre.

3 PARAFINA

3.1 Definición de parafina

La parafina es una materia sólida, blanca, inodora e insípida mezcla de hidrocarburos parafínicos, son básicamente sólidos a temperatura ambiente pero cuando se le aplica calor suficiente se vuelven líquidos. El nombre de parafina generalmente se aplica a todas las ceras parafínicas, también indica que es de poca afinidad para reaccionar con otras sustancias. Los compuestos de la parafina empiezan con el metano (CH_4), los compuestos en las series tienen fórmula general $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ e incluye los gases de metano y etano, también se incluye los productos nafténicos, la gasolina, aceites lubricantes, etc.

Las parafinas se dividen en normales y microcristalinas, las parafinas microcristalinas consisten en parafinas de altos pesos moleculares con estructuras ramificadas y parafinas cíclicas.

Las parafinas normales comprenden primariamente de moléculas de cadena recta o lineal ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$) con una cantidad pequeña de cadenas ramificadas, estas son de punto de fusión más bajo y tienen una menor viscosidad que las microcristalinas. (Ref. 17)

3.2 Cómo se clasifica la parafina

La parafina se clasifica según su estructura, punto de fusión, punto de penetración y por su origen.

3.2.1 Por su estructura esta se puede decir que puede ser de corte estrecho la cual significa que posee parafinas con puntos de fusión muy similares de 58-60 o 60-62°C.

3.2.2 Los de corte ancho significa que sus puntos de fusión son más amplios, van de 58- 62 °C.

3.2.3 Cuando se clasifica por su punto de fusión esto se conocen como Low Melt que se encuentra entre un rango de 58-60°C y la High Melt esta es $> 70^{\circ}\text{C}$.

3.2.4 Por su punto de penetración, cuando la parafina posee menos porcentaje de aceite más dura es, por lo que una parafina de alto porcentaje de aceite más blanda o pastosa se va a presentar.

3.2.5 Por su origen puede ser Animal (cera de abeja), estas son obtenidas de secreciones de insectos; Vegetal (Candelilla, Carnauba, etc.,) la mayor fuente de carnauba es una especie de palma que crece en el Brasil; Mineral (Ceras de petróleo), es un subproducto de la destilación del petróleo crudo y por último también pueden ser

formadas sintéticamente (polietileno o cera microcristalina), tienen como función mejorar la calidad de la candela en pureza, estabilidad y quemado. (Ref. 6)

3.3 Fabricación de la parafina

El petróleo crudo, se somete a una destilación por sus diferentes puntos de ebullición empieza a aparecer en fracciones que varían desde gasolina hasta aceite residual. La parafina aparece en su mayor parte en una fracción bastante ligera llamada destilación parafínico.

La separación de la parafina del destilado parafínico es posible a que la solubilidad de la parafina en el aceite disminuye al bajar la temperatura de la mezcla. Aquí se obtiene parafina con un cierto grado de aceite por lo que se va refinando hasta obtener diferentes grados de parafina refinada.

Según el grado de refinamiento de la parafina se puede obtener una con 0.1% hasta 5% o mas de aceite. Entre mayor porcentaje de aceite esta es mas pastosa y su viscosidad es mucho mayor. (Ref. 17)

3.4 Mezcla de parafinas

La mezcla utilizada en este estudio es una combinación de parafinas de Low Melt y High Melt, la cual es utilizada en la fabricación de velas aromáticas. La mezcla

tiene un aspecto blanco hueso, es difícil que se oxide (se ponga amarilla y adquiere un olor particular), es homogénea y opaca, retiene muy bien la fragancia y todos los colorantes utilizados para la elaboración de velas se mezclan homogéneamente. (Ref. 17)

4 CAUSANTES DE LA DEGRADACION DE UN COLORANTE

Todos los productos coloreados afrontan un problema, que es la degradación del color, esta puede ser provocada por la luz conocida como foto degradación y por la acción del calor conocido como oxidación térmica o descomposición térmica. La luz es un agente potente que puede generar síntesis y descomposición. Los colorantes son muy variables a la susceptibilidad de la luz y, por consiguiente, al descolorido o cambio de color. (Ref. 16) Este fenómeno también se observa en menor grado pero perceptible al ojo humano con la luz artificial.

4.1 Fotodegradación

La fotodegradación es la disminución gradual de la intensidad de un color a lo largo de una superficie pintada por efecto de la luz. Esta puede ser causada por la luz solar, luz ultravioleta, luz fluorescente y la luz infrarroja. (Ref.23)

4.2 Luz solar

La luz solar es una mezcla de radiaciones de distintas longitudes de onda (λ). La longitud de onda, es la distancia entre dos puntos idénticos de dos ciclos repetitivos adyacentes de la onda. Las radiaciones electromagnéticas propagadas por el sol y que

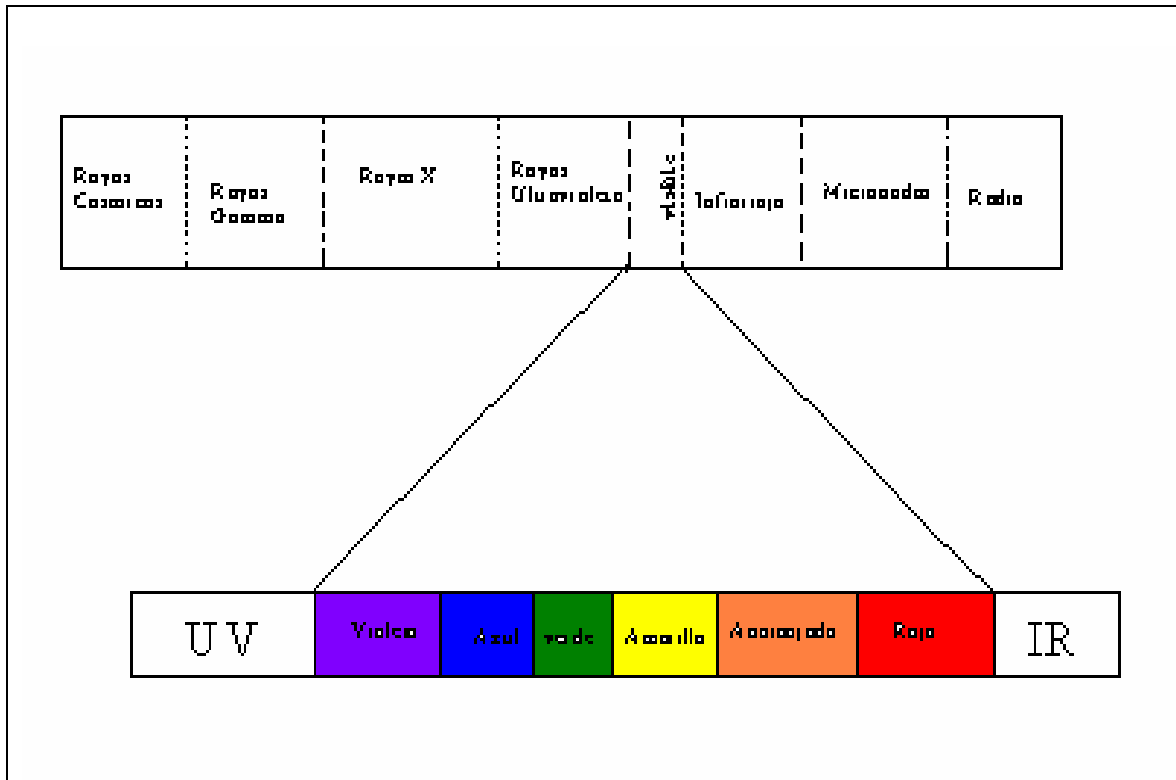
llegan a la tierra contienen un rango de longitud de onda que va de los rayos gamma hasta ondas de radio.

Muchas de estas ondas electromagnéticas son filtradas por la atmósfera pero una porción de la región de ultravioleta que posee una longitud de onda de 290 o 400 nm., se llega hasta la superficie de la tierra. (Ref. 3) (ver figura 8)

La luz solar que llega a la superficie terrestre se compone de tres longitudes de onda que son la ultravioleta (UV), la visible (VIS) y la infrarroja (IR). (Ref. 1)

La luz puede ser descrita por su longitud de onda, para lo cual el nanómetro (nm.) es una conveniente unidad de longitud. Un nanómetro es 1/1, 000,000 de milímetro (mm.).

Figura 8. El Espectro electromagnético



Fuente: Ayres Gilbert H. Análisis químico cuantitativo, Pág. 461

4.3 Luz ultravioleta

La luz ultravioleta es una porción de la Energía Solar y en menor grado de la luz artificial. La luz UV puede ser radiada por tubos de cuarzo que contienen vapor de mercurio (emisor), cuando se induce una corriente en los polos, se genera un arco voltaico que ioniza a los átomos del mercurio, donde los electrones incrementan su energía hasta convertirlo en fotones de luz UV. Su longitud de onda va de 295 a 400 nanómetros, sin embargo la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) publicación No 20 hace una distinción en el espectro de la luz ultravioleta en tres regiones

UVA tiene un rango de 315 a 400 nm

- Produce ligera degradación de polímeros
- Produce curtido solar, no quemaduras
- Usado para probar fibras y materiales para interiores
- No es absorbido por el vidrio de las ventanas.

UVB tiene un rango de 280 a 315 nm

- Es la mas corta de las longitudes de onda del espectro solar sobre la tierra
- Produce mayor grado de degradación de polímeros
- Produce quemaduras solar
- Es absorbido por el vidrio de las ventanas.

UVC tiene un rango de menos de 280 nm

- Solo se encuentra en el espacio exterior
- Es absorbido por la capa de ozono de la atmósfera
- Mata a los microorganismos. (Ref. 7)

4.4 Luz visible

La luz visible es uno de los pocos tipos de radiación que puede penetrar nuestra atmósfera y que es posible detectar desde la superficie de la tierra. La luz visible es parte del espectro electromagnético que es percibida por el ojo humano, y se encuentra entre 400 y 800 nm. (Ref. 26)

4.5 Luz fluorescente

La luz fluorescente es generada por lámparas fluorescentes, también denominada tubo fluorescente, utilizado para la iluminación doméstica e industrial. Esta consiste en un tubo de vidrio fino revestido interiormente con un revestimiento de fósforo, contiene una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte que por lo general es argón, todo ello a una presión ligeramente inferior a una atmósfera. La descarga que produce es de radiación ultravioleta que al incidir sobre el material fluorescente que recubre las paredes del tubo, excitan los electrones que a la vez absorben la energía ultravioleta convirtiéndola en luz visible de color característico. La longitud de onda de una lámpara fluorescente es de 254 nm.

4.6 Luz Infrarroja

La luz infrarroja es la radiación electromagnética que prolonga el espectro luminoso más allá del rojo oscuro. La longitud de onda de la luz infrarroja se encuentra entre 800 y 2450 nm., esta es utilizada para análisis espectral ya que por medio de esta revela la estructura de los átomos y la distancia medida que distan entre ellos. (Ref. 23)

La luz infrarroja fue descubierta por William Herschel en 1800. Noto que al exponer un termómetro a la luz del sol dispersada por un prisma, subía la temperatura incluso al colocar el termómetro mas allá del rojo donde terminaba el “arcoiris”. Por lo que concluyo que debía de haber radiación solar no visible más allá del rojo, “radiación infrarroja”. Herschel no alcanzo a medir el mismo efecto más allá de la parte violeta del arcoiris lo cual impidió el descubrimiento de la Luz Ultravioleta.

La Luz infrarroja tiene una longitud de onda mas larga que la luz visible, pero mas corta que las microondas. El término infrarrojo cercano se refiere a la parte del espectro infrarrojo que se encuentra más próximo a la luz visible, el término infrarrojo lejano denomina la sección más cercana a la región de las microondas.

4.7 Oxidación térmica

La oxidación térmica ocasiona una degradación que manifiesta un cambio de color y/o pérdida de propiedades físicas.

La ruptura de enlaces es usualmente el paso crítico en dicha reacción. Esta degradación ocurre a través de un ataque de radicales libres, esto lo ocasiona una temperatura alta o bien las moléculas al absorber la radiación ultravioleta en que la convierte en energía térmica. (Ref. 3)

La exposición a las radiaciones es un importante factor en el entendimiento de la degradación, pero este es solo la mitad de la historia, ya que se debe tomar en cuenta que todos los materiales absorben estas radiaciones lo cual, la absorción es el primer componente necesario para que ocurra la reacción fotoquímica, sabiendo que las altas temperaturas son un acelerante de estas reacciones.

5 PROTECTOR ULTRAVIOLETA

5.1 Definición de un protector ultravioleta

Un protector ultravioleta es un retardador de la degradación de los materiales expuestos a la radiación ultravioleta, esta radiación puede ser emanada por la luz solar o por la iluminación artificial.

5.2 Cómo se clasifican los protectores ultravioleta

A través de los años se han realizado estudios para mejorar la fijeza del color a la luz de un colorante, un textil, caucho, etc., se han obtenido productos orgánicos cuya estructura pueden absorber o inhibir porciones seleccionados del espectro, estas porciones van desde la luz ultravioleta hasta el umbral de la luz visible por lo que han sido útiles en la protección de los productos comerciales, como plásticos, resinas, textiles, etc., estos compuestos pueden emplearse como componentes de una película (capa delgada) o envoltura cuyo papel es filtrar los rayos nocivos, esto es conocido como filtro solar o bien interactúan como componente del propio producto protegiéndolo de dichas radiaciones. Como ya se menciono la clasificación de los protectores pueden ser absorbedores o inhibidores. (Ref. 18)

5.3 Definición de absorbedores ultravioleta

Los absorbedores ultravioleta son compuestos orgánicos que funcionan como estabilizadores de la luz por medio de una absorción competitiva de la energía ultravioleta. Estos funcionan como pantallas ultravioleta en plásticos, parafina, etc.,. Previene la transmisión de energía UV, protegiendo así la matriz sensitiva del objeto / colorante.

5.4 Definición de inhibidor ultravioleta

Los inhibidores ultravioleta como su nombre lo indica inhiben la radiación ultravioleta o mejor dicho, interfieren o destruyen los radicales de peróxidos que se forman en la oxidación del material.

5.5 Por qué es necesario un estabilizador ultravioleta

La degradación de los materiales se puede manifestar por cambios de color y/o pérdida de propiedades físicas. (Ref. 3) La radiación ultravioleta provoca el rompimiento de los enlaces químicos en una estructura polimérica, esto da inicio a la degradación del material, a esto se le conoce como foto oxidación. En el proceso de la foto oxidación la luz es absorbida por una sustancia oxidable, o por un fotosensibilizador, de modo que esta sustancia puede reaccionar con oxígeno molecular. (Ref. 18)

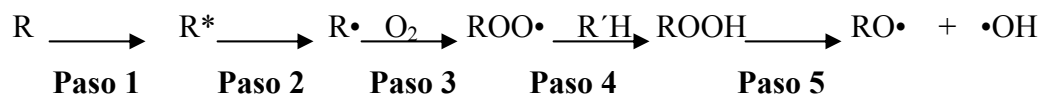
La fotooxidación consta de dos procesos distintos: El primero es la fotólisis que es la descomposición química de los cuerpos por efecto de la radiación ultravioleta. (Ref. 18) En este paso se forman los radicales libres debido al rompimiento de los enlaces moleculares.

El segundo proceso es la anti-oxidación, en este paso los radicales libres formados en la fotólisis, interactúan con el oxígeno formando radicales de peróxido. Todo este proceso conlleva al deterioro del material. (Ref. 23)

Cuando un compuesto orgánico empieza a degradarse es debido a un ataque de radicales libres, estos se forman al absorber la luz ultravioleta subsecuentemente los enlaces moleculares se rompen formando los radicales libres a esto se le conoce como Iniciador, una vez formados estos se ven involucrados en una serie de reacciones en cadena llamado Propagación, el repetido ataque causa la degradación del material y por último la combinación de dos radicales libres es llamado Terminación. (Ref. 3)

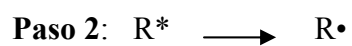
5.6 Pasos de la degradación

La reacción general es:

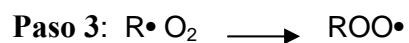




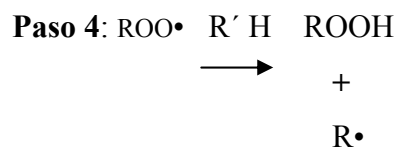
En este paso el revestimiento absorbe la radiación ultravioleta, esta energía “excita” los enlaces moleculares.



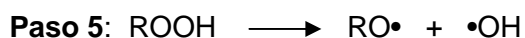
Una vez formados, los radicales libres pueden tomar parte en una serie de reacciones en cadena.



En este paso, los radicales libres formados durante la Fotólisis reaccionan prontamente con el oxígeno formando así un radical de peróxido, a esto se le conoce como autoxidación.



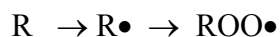
En el paso 4, el radical de peroxido ataca con firmeza el polímero (R'H), extrayéndole el hidrógeno, formando así hidroperoxidos y mas radicales libres. Estos radicales libres (R') reaccionan con el oxigeno como pasa en el paso 3 formando radicales adicionales de peroxido.



Finalmente, el hidroperoxido, cuales son muy inestables. Estos radicales libres OH atacan la unidad cromófora del colorante, ocasionando una disminución o anulación completa del color. (Ref. 19) Estos componentes presentes en una candela pueden generarse por la exposición de la luz resultando en la decoloración de a misma.

5.7 Cómo trabaja un inhibidor

Como ya se sabe la causa de la degradación de una materia es por causa de los radicales libres. Estos radicales son formados por a exposición a la luz o al calor.



Un inhibidor o estabilizador ultravioleta absorbe la energía asociada con la luz y previene el daño formado por el radical libre. El modo de acción de un protector ultravioleta es absorbiendo la energía uv y disipándola en forma de energía calórico. (Ref. 25)

Por lo que es de gran ayuda en el proceso de la elaboración de las velas, debido a que una vela además de estar formada de parafina contiene fragancia, colorantes y otros aditivos que pueden ser degradados, ocasionando cambios severos en la apariencia de la vela.

5.8 Clases de estabilizadores de Luz

Actualmente en la industria de elaboración de velas aromáticas se utilizan dos tipos de protectores a la radiación electromagnética (Luz ultravioleta), las cuales retardan la degradación del color en las velas, estas son UVAS siglas en ingles (Ultraviolet Absorbers) y los HALS siglas en ingles (Hindered Amine Light Stabilizers).

5.8.1 UVAS

En esta clasificación encontramos, los Benzotriazoles, Benzofenonas, Triazoles, etc. El modo de acción de los UVA es la absorción de la energía de la luz UV específicamente su longitud de onda, disipándola en calor. Los Benzotriazoles y Triazoles tienden a ser más fotoestables, estos no tienden a degradarse rápidamente. Los UVAS previenen el paso de Iniciador donde los radicales libres inician la degradación del material, pudiendo proteger el interior del sustrato, previniendo que la luz ultravioleta penetre. (Ref. 26)

5.8.2 HALS

Aquí encontramos Aminas (-NH, -NR) y Aminoéteres (-NOR), estos de igual manera trabajan que los UVAS pero estos están clasificados como de amplio espectro. Los HALS previenen la formación de radicales libres. (Ref. 26) Los Hals consisten en polímeros de largas cadenas con grandes pesos moleculares esto hace que sean mas estables a la migración y a la extracción. (Ref. 11) La efectividad de los Hals depende de la naturaleza del material ya que varía su resultado como varían con los Uvas. Se han realizado pruebas en la se hacen mezclas entre UVAS y HALS para obtener un mejor resultado en el protección de color.

6 ESPECTROFOTOMETRÍA

La espectrofotometría se basa en que las sustancias químicas, ya sea sólidas, líquidas o gaseosas, absorben luz de ciertas longitudes de onda. La espectrofotometría es uno de los métodos fisicoquímicos más empleado en el análisis de la medida de la absorción o emisión de energía radiante. (Ref. 2)

6.1 Espectrofotómetro

El espectrofotómetro es el instrumento más fundamental para la medición del color. El espectrofotómetro no mide directamente el color, sino que mide la luz reflejada o la luz que transmite un material. El espectrofotómetro consiste en una fuente de energía radiada, a un sistema de dispersión, para proporcionar radiaciones monocromáticas y un sistema detector para medir la cantidad de radiación que atraviesa el instrumento.

Cuando un haz se superpone con la muestra, se rompe la igualdad de los dos haces y el detector advierte la diferencia y lo relaciona con la transmitancia o reflexión del haz a determinada longitud de onda. Todas las medidas que se hacen se realizan en forma relativa a un estándar, por lo que se obtiene una relación entre la luz transmitida o reflejada por la muestra que proviene de un estándar o referencia. El estándar debe estar bien definido y fácil de conseguir. (Ref. 28)

6.2 Tipos de espectrofotómetros

Los espectrofotómetros se pueden clasificar de acuerdo a varios criterios

6.2.1 Espectrofotómetros de haz simple o doble.

6.2.2 Espectrofotómetros monocromadores simples y de dispersión, esta clasificación indica si el instrumento utiliza uno o dos elementos de dispersión.

6.2.3 Sistema de detección visual o fotoeléctrico, en el cual el visual, la parte fotométrica consiste en dos campos uniformemente iluminados, tanto muestra como estándar, en el cual se obtiene un resultado de variación de la luminancia de uno o ambos campos controlados, estos aparatos no son de uso común debido a su dificultad de uso y no tienen almacenamiento de datos. (Ref. 29)

6.3 Espectrofotómetro HUNTERLAB LabScan XE

El espectrofotómetro HUNTERLAB LabScan XE es un aparato de medición de color fijo, este es muy conocido en las industrias de pintura y textiles, ya se utiliza para el análisis de producto de: plásticos, recubrimientos, sólidos opacos, impresión, etc.

Este espectrofotómetro tiene una geometría de visión $45^{\circ}/0^{\circ}$ y un área de visión pequeña. Este espectrofotómetro es conectado a una computadora personal, para realizar las lecturas y análisis de color con ayuda de un programa universal, provisto por el fabricante.

6.3.1 Descripción física del equipo

El equipo de HUNTER LabScan XE tiene un tamaño de : (ver figura 9)

- Largo: 36.9 cm.
- Ancho: 19.1 cm.
- Alto: 30.5 cm.

Condiciones de Iluminación y exposición:

- Diámetro del puerto o ventana de lectura: 50 mm.
- Diámetro del área de iluminación: 44 mm.
- Usa una lámpara de Xenón
- Tiempo de vida de la lámpara: > 1 billón de flashes.

Condiciones de función espectral

- Rango de longitud de onda: 400 a 700 nm.
- Intervalo de longitud de onda o resolución espectral: 10 nm.
- Ancho de banda espectral : 10 nm., equivalente triangular
- Rango fotométrico: De 0 a 150% (Ref. 13)

El LabScan XE usa un software UNIVERSAL de Hunterlab.

Figura 9. Equipo de HunterLab LabScan XE

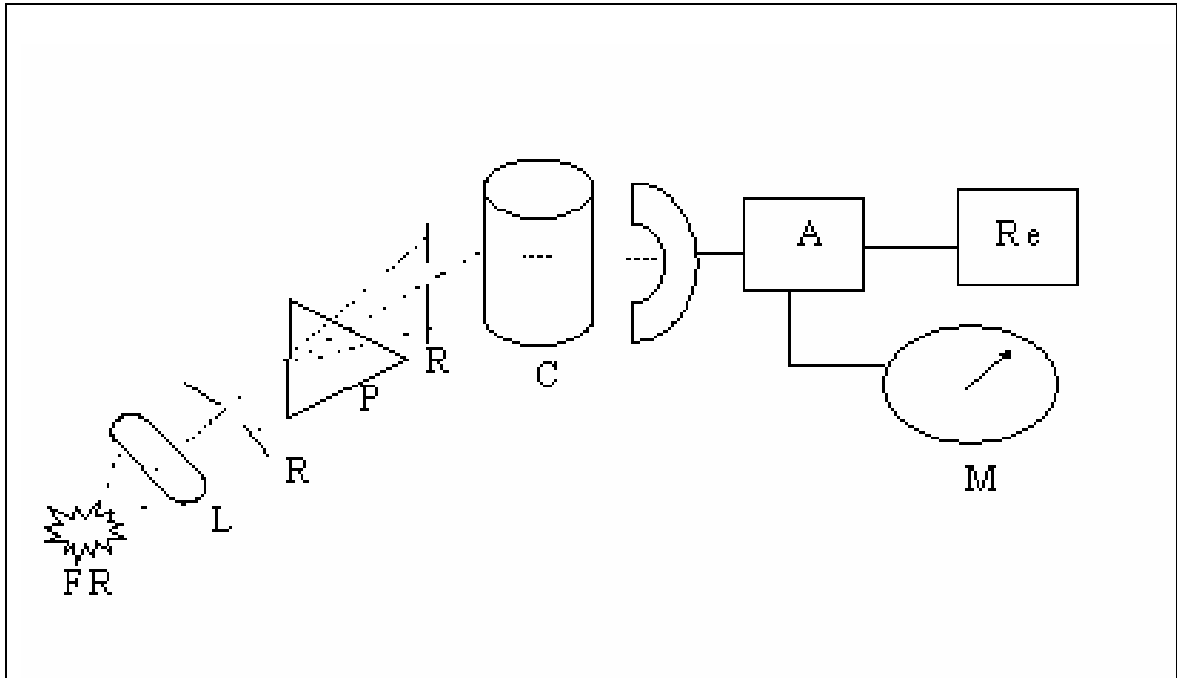


Fuente: Laboratorio Nuevas Tecnologías, Xanadu Corporation S.A.

6.3.2 Funcionamiento

El funcionamiento del espectrofotómetro consiste en la incidencia del ángulo de la luz que es de 45° con respecto a la horizontal de la muestra en estudio y la refracción tiene un ángulo de 0° con respecto a la perpendicular de la misma. A esto se le conoce como geometría bidireccional $45^\circ/0^\circ$, esto no incluye la luz reflejada especularmente que se origina debido al brillo de la muestra. La única desventaja de la geometría bidireccional es que es sensible a cualquier pequeño cambio en la geometría, ángulo exacto de iluminación y visión, y cono del ángulo implicado. (ver figura 10)

Figura 10. Diagrama de un Espectrofotómetro



Fuente: Ayres , Gilbert H. Análisis Químico Cuantitativo, Pág. 472

- Componentes de un Espectrofotómetro:
FR: Fuente de Radiación
L: Lente
R: Rendija
P: Selector de longitud de onda (prisma)
C: Célula de absorción
F: Fotocélula
A: Amplificador
M: Medidor
Re: Registrador (Ref. 2)

Los prismas y/o redes de difracción, junto a sus accesorios, lentes, espejos y rendijas toman el nombre de monocromadores. El monocromador es la parte donde se descompone la luz reflejada en todo su espectro del color. Toda la información proporcionado por el monocromador es recopilado por el detector, este se encarga de

separar los distintos estímulos de color, clasificándolos en función de las variables X, Y y Z. Los valores, X, Y y Z son registrados en un procesador los convierte en valores L,a,b o L*, a* y b*. El espectrofotómetro HUNTER realiza las lecturas por medio de la reflexión del rayo emitido por una lámpara Xenón interna, este rayo se disipa al realizar la lectura y se refleja hacia el puerto de lectura las diferentes longitudes de onda que no fueron absorbidas por la muestra. (Ref. 24)

6.4 Lectura en el Hunter

Para la realización de las lecturas el Hunter debe estar conectado a una PC, se pueden realizar dos tipos de lectura.

6.4.1 Lectura de estándares

El estándar es el objeto que representa o muestra el color al que debe poseer el producto, por la cual el estándar se compara con la muestra obtenida de la producción. Para realizar la lectura del estándar a través del espectrofotómetro se debe colocar la muestra en el puerto de lectura, luego de realizar la lectura del estándar se debe identificar el producto para ser guardado y posteriormente usado para su comparación. (Ref. 24)

6.4.2 Lectura de la muestra

La muestra es el objeto que será medido y comparado con el estándar del producto terminado. Esta se expone a las radiaciones de luz blanca visible, ultravioleta y se procede a comparar con el estándar, observándose que tanta variación de color tiene con respecto a este. El valor de color de la muestra se procede a comparar con el del estándar, cuando se ha terminado de leer la muestra se identifica en forma similar al del estándar, se almacena la información en la base de datos UNIVERSAL del programa del Hunterlab. (Ref. 24)

6.5 Información tomada por el HunterLab

Como se menciona anteriormente el HUNTERLab realiza las lecturas de color convirtiendo estos datos en valores X,Y y Z y luego a Lab o $L^* a^* b^*$.

6.5.1 Escala de color XYZ

El CIE 1931 elaboro un sistema de coordenadas artificiales en el que todos los valores de de los coeficientes triestímulos necesarios para realizar la adaptación de un color son positivos. Este sistema de primarios XYZ se ha elegido de tal forma que el valor de Y es igual a la luminancia del color que se quiere adaptar. Los valores de triestimulares tienen un uso limitado como especificaciones de color porque no corresponden a una manera fiel a los atributos visuales. Mientras que Y corresponde a la luminosidad o claridad, X y Z no se correlacionan con matiz o croma.

Como resultado la CIE 1931 recomendó el uso de coordenadas x, y de cromaticidad. Estas coordenadas se usan para formar el diagrama de cromaticidad (x, y). El sistema esta representado por un grafico en dos dimensiones el cual se asemeja a la vela de un barco. Los componentes rojos del color se desplazan a lo largo del eje x en el plano de las coordenadas y los componentes verdes a lo largo del eje y . En este sentido a cada color se le puede designar un punto particular en el plano de las coordenadas.

El espectrofotómetro HUNTER LabScan XE realiza la integración de los valores de la reflectancia sobre el espectro de la luz visible. La escala de colores opuesto (L a b) dan las medidas de color en unidades uniformes visualmente, facilitando la interpretación en el espacio del color

Donde L es la medida de la luminosidad con un rango que va de 100 para el blanco perfecto al 0 para el negro. La a y b proporcionan las dimensiones de cromaticidad. La a significa rojizo cuando es positivo, gris cuando es cero y verdoso cuando es negativo. La b significa amarillo cuando es positivo, gris cuando es cero y azul cuando es negativo. Por ultimo tenemos la escala LCh (luminosidad, cromaticidad y matiz), esta es una escala modificada del Lab, traza los sólidos en coordenadas polares a rectangulares. (Ref. 24)

6.5.2 Codificación para la medición de diferencias de color

ΔC es la diferencia entre la saturación de la muestra y la saturación del estándar, las cuales son ploteadas en un sistema de coordenadas polares. ΔH es la diferencia entre

el ángulo de matiz (h°) del estándar y el ángulo de matiz de la muestra en un sistema de coordenadas polares donde:

Si $h^\circ \text{ mst} > h^\circ \text{ std}$ entonces ΔH será positivo

Si $h^\circ \text{ std} > h^\circ \text{ mst}$ entonces ΔH será negativo

ΔL Tiene el mismo significado usado en la escala L a b.

C^* = Es el matiz de un objeto, calculándose a partir de valores a y

$$b. C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

ΔC^* = Es la diferencia entre la saturación del estándar y la muestra

$$\Delta C^* = C^* \text{ muestra} - C^* \text{ estándar}$$

ΔE^* = Es la diferencia total del color entre la muestra y el estándar.

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Ref. 24 y 13})$$

6.5.3 Datos que proporciona el Hunterlab XE

Al realizar las lecturas tanto del estándar como las muestras se almacenan en la base de datos y se pueden recuperar desplegando la siguiente información.

6.5.3.1 Ventana de información de color, aquí se despliega la escala de color utilizado, la escala de diferencia y la información de los valores del estándar y la muestra.

6.5.3.2 Ventana de coordenadas de color, donde se despliega las diferencias de color entre la muestra y el estándar. El estándar es localizado en el centro

de la gráfica, las muestras son marcadas con círculos azules y numeradas, esta localización significa la diferencia que existe entre el estándar y la muestra.

6.5.3.3 Hay otra información que despliega el programa como: Ventana de interpretación de color, Ventana de información espectral, Ventana de coordenadas espectrales en 2D y 3D y por ultimo la Ventana de tendencia de color. Esta información no se utiliza para la realización de dicho trabajo de investigación. (Ref. 13)

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se presentan tabulados en las tablas del I a la XXIV y sus correspondientes representaciones gráficas de la 11 a la 34, elaboradas por el programa de espectrofotómetro HunterLab Scan XE. Estos datos son obtenidos de la exposición de un colorante asociado a una mezcla de parafina para la elaboración de velas aromáticas, a la radiación electromagnética (luz blanca visible (LBV) y luz ultravioleta (LUV)). De estos resultados se generan las gráficas del No. 35 al No. 78, las cuales sirvieron de herramienta para comparar entre sí los diferentes comportamientos de los colorantes obtenidos por la exposición a la radiación electromagnética de LBV y LUV. Para el presente trabajo se utilizaron tres colorantes (amarillo, anaranjado y rojo) pertenecientes a la familia azo, a dos concentraciones (0.01% y 0.001%) por separado.

Se realizó el mismo procedimiento con la única variante en la utilización de un inhibidor ultravioleta a una concentración de 0.01%. Las muestras fueron expuestas a la radiación electromagnética durante diez días (240 horas) tomando los datos en el Espectrofotómetro HunterLab Scan XE cada 24 horas. Para la realización de dicho trabajo se prepararon tres mezclas de parafina, una mezcla para cada colorante a evaluar en los moldes de aluminio de 2 ½ X 1 ½ pulgadas (ver Apéndice A figura 11).

Cada mezcla forma un grupo de cuatro muestras las cuales consisten en: muestra uno: mezcla de parafina con 0.01% de colorante, muestra dos: mezcla de parafina con 0.001% de colorante, muestra tres: mezcla de parafina con colorante 0.01% de colorante adicionándole 0.01% de inhibidor ultravioleta y por último, muestra cuatro: mezcla de parafina 0.001% de colorante, adicionándole 0.01% de inhibidor ultravioleta. Las muestras se dividieron de la siguiente manera: una muestra estándar, dos muestras para la cámara de luz blanca visible y dos muestras para la cámara de luz ultravioleta. Teniendo ya preparada todas las muestras se ingresan a las cámaras de luz ultravioleta y

luz blanca visible (ver Apéndice A figuras 12 y 14 respectivamente), exponiéndose a las radiaciones electromagnéticas, las muestras están aproximadamente a 34 centímetros por debajo de la fuente de emisión de dichas radiaciones, por lo que la parte superior de las muestras son las que reciben la mayor parte de estas radiaciones.

Al ser ingresadas las muestras a las cámaras se procede a tomar la primera lectura en el espectrofotómetro HunterLab Scan XE (ver figura 9 y Apéndice A figura 16) a las muestras estándar, la cual representan las muestras con el color original en el momento cero de esta manera queda registrado el color antes de recibir cualquier radiación electromagnética. Luego al cumplirse 24 horas se sacan las muestras de las cámaras y se procede a tomar las lecturas en el espectrofotómetro Hunterlab Scan XE. Repitiéndose el procedimiento cada 24 horas hasta completar las 240 horas (10 días).

Pasados estos diez días, se procede a la elaboración de las tablas de datos las cuales generan las gráficas obtenidas en la sección de resultados.

El Hunterlab Scan XE despliega la gráfica con las coordenadas colorimétricas L^* , a^* , b^* , sistema CIEL*a*b*; donde se puede observar en la parte derecha de la gráfica la coordenada L^* y la posición de las muestras en el. Las coordenadas colorimétricas a^* y b^* que forman un plano perpendicular entre sí, en el cual el centro de la gráfica está representada por las coordenadas de la muestra estándar (a^* , b^*), graficándose las posiciones de la muestra según fueron tomadas. Las coordenadas a^* , b^* , nos indica que el eje a^* ($-a^*$ / $+a^*$) va de verde ($-a^*$) a rojo ($+a^*$) y el eje b^* ($-b^*$ / $+b^*$) va de azul ($-b^*$) al amarillo ($+b^*$).

TABLA I. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla uno, usando colorante amarillo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABST001		64.79	7.2	71.01			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB10001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.06	-0.51	-5.57	5.59		1.87
Sample 9	AB09001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.24	-0.44	-4.8	4.83		1.61
Sample 8	AB08001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.09	-0.42	-4.08	4.1		1.37
Sample 7	AB07001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.23	-0.4	-3.54	3.57		1.19
Sample 6	AB06001F	EQ. Light, Less Red, Less Yellow	-0.04	-0.33	-2.46	2.48		0.83
Sample 5	AB05001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.22	-0.27	-1.96	1.99		0.67
Sample 4	AB04001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.37	-0.25	-1.58	1.64		0.56
Sample 3	AB03001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.54	-0.2	-0.91	1.07		0.38
Sample 2	AB02001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.44	-0.12	-0.11	0.47		0.19
Sample 1	AB01001F	Darker, EQ. Red, Yellower	-0.38	-0.02	0.95	1.02		0.36

TABLA II. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla dos, usando colorante amarillo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABST0001		69.62	-6.31	43.82			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB100001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.15	0.11	-0.06	0.2		0.09
Sample 9	AB090001F	EQ. Light, Less Green, Less Yellow	0.03	0.13	-0.14	0.19		0.1
Sample 8	AB080001F	Lighter, Less Green, EQ. Blue	0.19	0.12	-0.05	0.23		0.11
Sample 7	AB070001F	Lighter, Less Green, EQ. Blue	0.11	0.12	-0.05	0.17		0.09
Sample 6	AB060001F	Lighter, EQ. Red, Yellower	0.4	0.05	0.05	0.41		0.16
Sample 5	AB050001F	Lighter, Less Green, EQ. Blue	0.22	0.08	-0.02	0.23		0.1
Sample 4	AB040001F	Lighter, Less Green, EQ. Blue	0.13	0.09	-0.05	0.16		0.08
Sample 3	AB030001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.08	0.07	-0.09	0.14		0.06
Sample 2	AB020001F	Lighter, Less Green, Yellower	0.14	0.09	0.07	0.17		0.08
Sample 1	AB010001F	Lighter, Less Green, Yellower	0.32	0.05	0.14	0.35		0.14

TABLA III. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla tres, usando colorante amarillo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABSTANDAR		63,14	7,49	73,1			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB10001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,15	-1,01	-11	11,09		3,67
Sample 9	AB09001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,26	-0,99	-10,6	10,69		3,53
Sample 8	AB08001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,6	-0,96	-10,1	10,15		3,36
Sample 7	AB07001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,3	-0,86	-8,82	8,86		2,93
Sample 6	AB06001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,25	-0,78	-7,62	7,67		2,53
Sample 5	AB05001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,39	-0,72	-6,9	6,95		2,3
Sample 4	AB04001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,59	-0,5	-5,75	5,8		1,92
Sample 3	AB03001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,51	-0,37	-5,22	5,26		1,74
Sample 2	AB02001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,51	-0,24	-4,23	4,27		1,42
Sample 1	AB01001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,47	-0,11	-3,37	3,41		1,14

TABLA IV. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla cuatro, usando colorante amarillo

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	AB0001STANDAR		68,47	-6,16	47,33			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB100001F	Lighter, EQ. Red, Less Yellow	0,64	0,04	-2,01	2,11		0,85
Sample 9	AB090001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0,59	0,08	-1,83	1,93		0,77
Sample 8	AB080001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0,26	0,08	-1,93	1,95		0,78
Sample 7	AB070001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0,66	0,07	-1,74	1,86		0,74
Sample 6	AB060001F	Lighter, EQ. Red, Less Yellow	0,7	0,02	-1,78	1,92		0,77
Sample 5	AB050001F	Lighter, EQ. Red, Less Yellow	0,56	0,02	-1,84	1,92		0,77
Sample 4	AB040001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0,47	0,08	-1,73	1,8		0,72
Sample 3	AB030001F	Lighter, EQ. Red, Less Yellow	0,66	0,04	-1,72	1,84		0,74
Sample 2	AB020001F	Lighter, EQ. Red, Less Yellow	0,74	0	-1,46	1,63		0,66
Sample 1	AB010001F	Lighter, EQ. Red, Less Yellow	0,68	0,01	-1,56	1,7		0,68

TABLA V. Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante amarillo

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABST001		64,79	7,2	71,01			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB10001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,73	-0,36	-6,04	6,09		2,05
Sample 9	AB09001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,41	-0,33	-5,4	5,43		1,82
Sample 8	AB08001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,61	-0,3	-4,93	4,98		1,67
Sample 7	AB07001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,51	-0,29	-4,25	4,29		1,44
Sample 6	AB06001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,43	-0,27	-3,39	3,42		1,15
Sample 5	AB05001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,56	-0,25	-2,62	2,69		0,91
Sample 4	AB04001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,49	-0,24	-2,46	2,51		0,85
Sample 3	AB03001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,33	-0,22	-1,83	1,87		0,63
Sample 2	AB02001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,43	-0,15	-0,95	1,05		0,37
Sample 1	AB01001UV	Lighter, Less Red, Yellower	0,5	-0,08	0,19	0,54		0,22

TABLA VI. Datos por la exposición de la luv a la mezcla dos, usando colorante amarillo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABST0001		69,62	-6,31	43,82			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB100001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,26	1,26	-1,21	2,15		1,03
Sample 9	AB090001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,48	1,22	-1,04	2,19		1,03
Sample 8	AB080001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,27	1,16	-0,74	1,87		0,92
Sample 7	AB070001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,31	1,08	-0,62	1,81		0,88
Sample 6	AB060001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,16	0,93	-0,47	1,56		0,76
Sample 5	AB050001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-0,99	0,81	-0,24	1,3		0,65
Sample 4	AB040001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,07	0,75	-0,12	1,32		0,64
Sample 3	AB030001UV	Darker, Less Green, Less Yellow	-1,04	0,58	-0,18	1,2		0,55
Sample 2	AB020001UV	Darker, Less Green, EQ. Blue	-0,86	0,37	-0,03	0,94		0,41
Sample 1	AB010001UV	Darker, Less Green, Yellower	-0,64	0,15	0,1	0,67		0,28

TABLA VII. Datos por la exposición de la luv a la mezcla tres, usando colorante amarillo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABSTANDAR		63.14	7.49	73.08			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB10001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.96	-0.92	-8.48	8.75		2.93
Sample 9	AB09001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.99	-0.92	-8.16	8.45		2.83
Sample 8	AB08001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.74	-0.88	-7.42	7.68		2.57
Sample 7	AB07001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.88	-0.8	-6.41	6.72		2.27
Sample 6	AB06001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.8	-0.77	-5.33	5.68		1.93
Sample 5	AB05001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.69	-0.67	-4.49	4.85		1.66
Sample 4	AB04001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.36	-0.49	-3.21	3.52		1.21
Sample 3	AB03001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.44	-0.37	-2.14	2.6		0.93
Sample 2	AB02001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.22	-0.33	-1.17	1.73		0.65
Sample 1	AB01001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.1	-0.14	-0.51	1.22		0.48

TABLA VIII. Datos por la exposición de la luv a la mezcla cuatro, usando colorante amarillo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	AB0001STANDAR		68.47	-6.16	47.33			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	AB100001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.37	0.15	-1.97	2.01		0.8
Sample 9	AB090001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.41	0.14	-1.95	1.99		0.8
Sample 8	AB080001UV	EQ. Light, Less Green, Less Yellow	0.02	0.15	-1.91	1.92		0.77
Sample 7	AB070001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.43	0.13	-1.83	1.88		0.75
Sample 6	AB060001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.45	0.1	-1.85	1.9		0.76
Sample 5	AB050001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.39	0.09	-1.97	2.01		0.81
Sample 4	AB040001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.26	0.12	-1.89	1.92		0.77
Sample 3	AB030001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.41	0.11	-1.83	1.88		0.75
Sample 2	AB020001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.4	0.11	-1.64	1.69		0.68
Sample 1	AB010001UV	Lighter, Less Green, Less Yellow	0.35	0.11	-1.62	1.67		0.66

TABLA IX. Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA001STANDAR		56.72	26.46	67.76			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	DOA10001F	Darker, Redder, Yellower	-0.31	0.28	1.17	1.24		0.43
Sample 9	DOA09001F	Darker, Redder, Yellower	-0.24	0.26	1.09	1.14		0.4
Sample 8	DOA08001F	Darker, Redder, Yellower	-0.39	0.24	0.99	1.09		0.39
Sample 7	DOA07001F	Darker, Redder, Yellower	-0.24	0.3	1.15	1.22		0.42
Sample 6	DOA06001F	Darker, Redder, Yellower	-0.19	0.34	1.01	1.08		0.36
Sample 5	DOA05001F	Darker, Redder, Yellower	-0.32	0.27	0.62	0.75		0.26
Sample 4	DOA04001F	Darker, Redder, Yellower	-0.29	0.14	0.49	0.59		0.21
Sample 3	DOA03001F	Darker, Redder, Yellower	-0.14	0.33	1.02	1.08		0.36
Sample 2	DOA02001F	Darker, Redder, Yellower	-0.19	0.37	1.54	1.6		0.55
Sample 1	DOA01001F	Darker, Redder, Yellower	-0.32	0.24	0.48	0.62		0.23

TABLA X. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla dos, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA0001STANDAR		64,76	10,46	49,81			
Tolerance +							CF	1
Tolerance -							LC	2
Sample 10	DOA100001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,16	-0,29	-2,79	3,54		1,41
Sample 9	DOA090001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,1	-0,31	-2,74	3,47		1,37
Sample 8	DOA080001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,28	-0,31	-2,82	3,64		1,44
Sample 7	DOA070001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,1	-0,28	-2,7	3,43		1,36
Sample 6	DOA060001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,03	-0,24	-2,58	3,29		1,31
Sample 5	DOA050001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,18	-0,26	-2,67	3,46		1,37
Sample 4	DOA040001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,15	-0,28	-2,51	3,32		1,32
Sample 3	DOA030001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,03	-0,25	-2,5	3,23		1,28
Sample 2	DOA020001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,02	-0,22	-2,34	3,1		1,23
Sample 1	DOA010001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-2,14	-0,26	-2,44	3,26		1,29

TABLA XI. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla tres, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA001STANDAR		54,82	27,62	69,6			
Tolerance +							CF	1
Tolerance -							LC	2
Sample 10	DOA10001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,55	-0,95	-7,52	7,6		2,81
Sample 9	DOA09001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,57	-0,95	-7,4	7,49		2,76
Sample 8	DOA08001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,28	-1,03	-7,5	7,57		2,77
Sample 7	DOA07001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,59	-0,83	-7,02	7,1		2,64
Sample 6	DOA06001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,56	-0,77	-6,59	6,66		2,48
Sample 5	DOA05001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,54	-0,78	-6,62	6,69		2,49
Sample 4	DOA04001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,37	-0,88	-6,81	6,87		2,53
Sample 3	DOA03001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,42	-0,75	-6,4	6,45		2,4
Sample 2	DOA02001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,51	-0,67	-5,96	6,02		2,24
Sample 1	DOA01001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,39	-0,71	-5,83	5,89		2,18

TABLA XII. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla cuatro, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	OA0001STANDA		63,38	10,73	49,6			
Tolerance +							CF	1
Tolerance -							LC	2
Sample 10	DOA100001F	Darker, Less Red, Less Yellow	-0,76	-0,06	-0,43	0,88		0,35
Sample 9	DOA090001F	Darker, EQ. Red, Less Yellow	-0,76	-0,01	-0,17	0,78		0,32
Sample 8	DOA080001F	Darker, EQ. Red, Less Yellow	-1,04	-0,03	-0,23	1,06		0,43
Sample 7	DOA070001F	Darker, EQ. Red, EQ. Blue	-0,7	-0,01	-0,03	0,7		0,28
Sample 6	DOA060001F	Darker, EQ. Red, Less Yellow	-0,75	-0,03	-0,19	0,78		0,32
Sample 5	DOA050001F	Darker, EQ. Red, Less Yellow	-0,89	-0,02	-0,14	0,9		0,37
Sample 4	DOA040001F	Darker, EQ. Red, Yellower	-0,89	-0,01	0,15	0,9		0,37
Sample 3	DOA030001F	Darker, EQ. Red, Yellower	-0,82	0,02	0,15	0,83		0,34
Sample 2	DOA020001F	Darker, Redder, Yellower	-0,7	0,07	0,4	0,81		0,33
Sample 1	DOA010001F	Darker, Redder, Yellower	-0,65	0,05	0,34	0,73		0,3

TABLA XIII. Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA001STANDAR		56.72	26.46	67.76			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	DOA10001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.38	0.06	-0.5	0.64		0.28
Sample 9	DOA09001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.37	0.05	-0.67	0.76		0.33
Sample 8	DOA08001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.5	0.08	-0.55	0.75		0.34
Sample 7	DOA07001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.31	0.18	-0.33	0.49		0.26
Sample 6	DOA06001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.35	0.21	-0.23	0.47		0.26
Sample 5	DOA05001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.43	0.17	-0.34	0.58		0.29
Sample 4	DOA04001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.58	0.05	-0.82	1.01		0.44
Sample 3	DOA03001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.42	0.23	-0.51	0.7		0.36
Sample 2	DOA02001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.51	0.23	-0.24	0.61		0.32
Sample 1	DOA01001UV	Darker, Redder, Less Yellow	-0.6	0.1	-1.43	1.56		0.67

TABLA XIV. Datos por la exposición de la luv a la mezcla dos, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA0001STANDAR		64.76	10.46	49.81			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 9	DOA100001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.92	-0.8	-6.37	6.49		2.54
Sample 8	DOA090001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.87	-0.75	-6.14	6.25		2.45
Sample 7	DOA080001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-1.05	-0.68	-5.85	5.98		2.34
Sample 6	DOA070001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.85	-0.59	-5.31	5.41		2.12
Sample 5	DOA060001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-0.88	-0.48	-4.83	4.94		1.94
Sample 4	DOA050001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-1.01	-0.42	-4.4	4.53		1.79
Sample 3	DOA040001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-1.09	-0.29	-3.67	3.84		1.52
Sample 2	DOA030001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-1.01	-0.18	-3.25	3.4		1.36
Sample 1	DOA020001UV	Darker, Less Red, Less Yellow	-1.01	-0.14	-2.9	3.07		1.23

TABLA XV. Datos por la exposición de la luv a la mezcla tres, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA001STANDAR		54.82	27.62	69.6			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	DOA10001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.18	-0.5	-4.52	4.55		1.69
Sample 9	DOA09001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.25	-0.5	-4.58	4.61		1.72
Sample 8	DOA08001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.09	-0.51	-4.51	4.54		1.69
Sample 7	DOA07001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.23	-0.46	-4.44	4.47		1.67
Sample 6	DOA06001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.17	-0.42	-4.17	4.19		1.57
Sample 5	DOA05001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.12	-0.41	-4.13	4.15		1.56
Sample 4	DOA04001UV	EQ. Light, Less Red, Less Yellow	0.04	-0.52	-4.4	4.43		1.64
Sample 3	DOA03001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0.11	-0.37	-3.98	4		1.51
Sample 2	DOA02001UV	EQ. Light, Less Red, Less Yellow	0.01	-0.37	-3.48	3.5		1.31
Sample 1	DOA01001UV	EQ. Light, Less Red, Less Yellow	0	-0.34	-3.4	3.41		1.28

TABLA XVI. Datos por la exposición de la luv a la mezcla cuatro, usando colorante anaranjado.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	DOA0001STANDAR		63,38	10,73	49,6			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							!c=	2
Sample 10	DOA100001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,44	-0,3	-2,38	2,44		0,96
Sample 9	DOA090001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,51	-0,28	-2,27	2,34		0,92
Sample 8	DOA080001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,13	-0,3	-2,38	2,4		0,94
Sample 7	DOA070001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,48	-0,27	-2,18	2,25		0,88
Sample 6	DOA060001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,51	-0,26	-2,19	2,27		0,89
Sample 5	DOA050001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,45	-0,28	-2,31	2,37		0,93
Sample 4	DOA040001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,38	-0,28	-2,2	2,25		0,88
Sample 3	DOA030001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,46	-0,24	-2,01	2,08		0,82
Sample 2	DOA020001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,47	-0,23	-1,91	1,98		0,78
Sample 1	DOA010001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,39	-0,22	-1,84	1,89		0,74

TABLA XVII. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla uno, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	RST001		25,93	34,7	18,06			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							!c=	2
Sample 10	S10001F	Darker, Redder, Yellower	-0,17	0,43	0,81	0,93		0,54
Sample 9	S09001F	Darker, Redder, Yellower	-0,51	0,81	1,39	1,69		0,97
Sample 8	S08001F	Darker, Redder, Yellower	-0,39	0,87	1,45	1,74		0,98
Sample 7	S07001F	Darker, Redder, Yellower	-0,56	0,87	1,46	1,78		1,02
Sample 6	S06001F	Darker, Redder, Yellower	-0,47	0,82	1,35	1,65		0,93
Sample 5	S05001F	Darker, Redder, Yellower	-0,42	0,91	1,41	1,73		0,96
Sample 4	S04001F	Darker, Redder, Yellower	-0,65	0,99	1,59	1,98		1,12
Sample 3	S03001F	Darker, Redder, Yellower	-0,73	1,09	1,64	2,1		1,18
Sample 2	S02001F	Darker, Redder, Yellower	-0,62	1,22	1,73	2,2		1,2
Sample 1	S01001F	Darker, Redder, Yellower	-0,61	1,53	2,11	2,67		1,43

TABLA XVIII. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla dos, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	RST0001		47,97	39,4	14,24			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							!c=	2
Sample 10	S100001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,25	-0,7	0,19	1,44		0,7
Sample 9	S090001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,47	-0,75	0,09	1,66		0,79
Sample 8	S080001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,39	-0,69	0,13	1,55		0,75
Sample 7	S070001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,32	-0,62	0,15	1,47		0,71
Sample 6	S060001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,17	-0,61	0,17	1,33		0,65
Sample 5	S050001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,26	-0,63	0,18	1,42		0,69
Sample 4	S040001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,42	-0,68	0,09	1,58		0,75
Sample 3	S030001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,5	-0,72	0,09	1,66		0,79
Sample 2	S020001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,38	-0,61	0,05	1,51		0,71
Sample 1	S010001F	Darker, Less Red, Yellower	-1,29	-0,53	0,19	1,4		0,68

TABLA XIX. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla tres, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	SSTANDAR		25.71	37.26	20.24			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	S10001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.48	-1.33	-1.6	3.24		1.99
Sample 9	S09001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.33	-1.1	-1.49	2.98		1.86
Sample 8	S08001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.04	-1.12	-1.59	2.82		1.73
Sample 7	S07001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.29	-0.85	-1.27	2.75		1.77
Sample 6	S06001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.23	-0.6	-1.05	2.53		1.67
Sample 5	S05001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.26	-0.4	-0.89	2.46		1.66
Sample 4	S04001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.2	-1.41	-1.87	3.22		1.93
Sample 3	S03001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	2.16	-0.93	-1.44	2.76		1.75
Sample 2	S02001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.92	-0.59	-1.03	2.26		1.48
Sample 1	S01001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.71	-0.43	-0.98	2.02		1.34

TABLA XX. Datos por la exposición de la lbv a la mezcla cuatro, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	S0001STANDAR		44.78	39.57	14.62			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	S100001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.98	-1.51	-0.49	2.54		1.18
Sample 9	S090001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.76	-1.3	-0.49	2.24		1.04
Sample 8	S080001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.55	-1.44	-0.65	2.21		1.01
Sample 7	S070001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.82	-1.31	-0.54	2.31		1.07
Sample 6	S060001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.86	-1.3	-0.45	2.31		1.08
Sample 5	S050001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.73	-1.23	-0.35	2.15		1
Sample 4	S040001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.47	-1.11	-0.4	1.89		0.87
Sample 3	S030001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.62	-1.06	-0.28	1.96		0.92
Sample 2	S020001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.55	-0.81	-0.2	1.76		0.84
Sample 1	S010001F	Lighter, Less Red, Less Yellow	1.52	-0.85	-0.17	1.75		0.83

TABLA XXI. Datos por la exposición de la luv a la mezcla uno, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	RST001		25,93	34,7	18,06			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	S10001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,25	-1,13	-0,75	1,84		1,05
Sample 9	S09001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,12	-1,16	-0,74	1,78		0,98
Sample 8	S08001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,12	-1,06	-0,79	1,74		0,97
Sample 7	S07001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,05	-1,03	-0,68	1,62		0,91
Sample 6	S06001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,08	-0,95	-0,59	1,56		0,89
Sample 5	S05001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,1	-0,87	-0,58	1,52		0,89
Sample 4	S04001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1	-0,86	-0,63	1,46		0,84
Sample 3	S03001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,99	-0,88	-0,64	1,47		0,83
Sample 2	S02001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,03	-0,71	-0,55	1,37		0,81
Sample 1	S01001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,1	-0,7	-0,43	1,37		0,83

TABLA XXII. Datos por la exposición de la luv a la mezcla dos, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	RST0001		47,97	39,4	14,24			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	S100001UV	Lighter, Less Red, Yellower	4,31	-10,31	0,47	11,18		5,47
Sample 9	S090001UV	Lighter, Less Red, Yellower	3,59	-9,35	0,6	10,04		4,95
Sample 8	S080001UV	Lighter, Less Red, Yellower	3,21	-8,3	0,67	8,93		4,42
Sample 7	S070001UV	Lighter, Less Red, Yellower	2,69	-7,52	0,7	8,02		3,99
Sample 6	S060001UV	Lighter, Less Red, Yellower	2,08	-6,39	0,87	6,78		3,44
Sample 5	S050001UV	Lighter, Less Red, Yellower	1,66	-5,32	0,95	5,65		2,93
Sample 4	S040001UV	Lighter, Less Red, Yellower	1,22	-4,65	0,97	4,9		2,58
Sample 3	S030001UV	Lighter, Less Red, Yellower	0,37	-3,28	0,85	3,41		1,84
Sample 2	S020001UV	EQ. Light, Less Red, Yellower	-0,02	-2,12	0,8	2,27		1,3
Sample 1	S010001UV	Darker, Less Red, Yellower	-0,41	-1,08	0,63	1,32		0,8

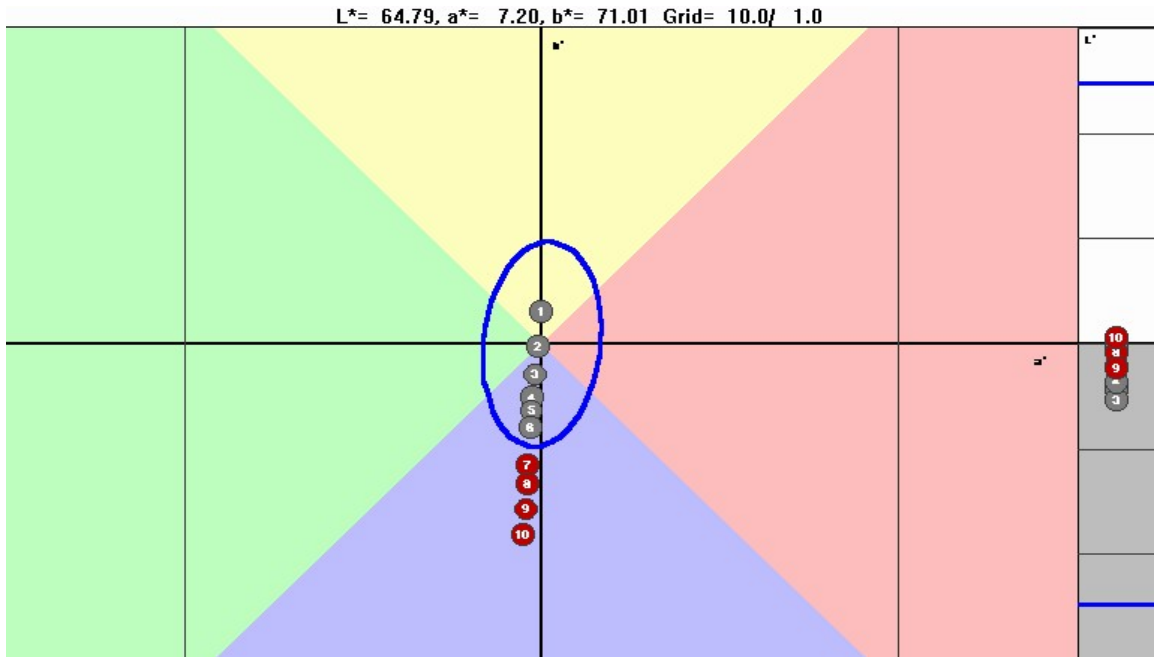
TABLA XXIII. Datos por la exposición de la luv a la mezcla tres, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	SSTANDAR		25,71	37,26	20,24			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	S10001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,17	-3,13	-3,14	4,94		2,55
Sample 9	S09001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,2	-3,06	-3,29	5		2,62
Sample 8	S08001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,95	-3,46	-3,64	5,39		2,73
Sample 7	S07001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,22	-3,01	-3,14	4,88		2,56
Sample 6	S06001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,21	-2,97	-3,14	4,85		2,55
Sample 5	S05001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,14	-2,86	-3,04	4,69		2,46
Sample 4	S04001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,03	-3,09	-3,27	4,93		2,55
Sample 3	S03001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,12	-2,85	-3,08	4,7		2,47
Sample 2	S02001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	2,02	-2,7	-2,91	4,45		2,34
Sample 1	S01001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,93	-2,52	-2,92	4,31		2,3

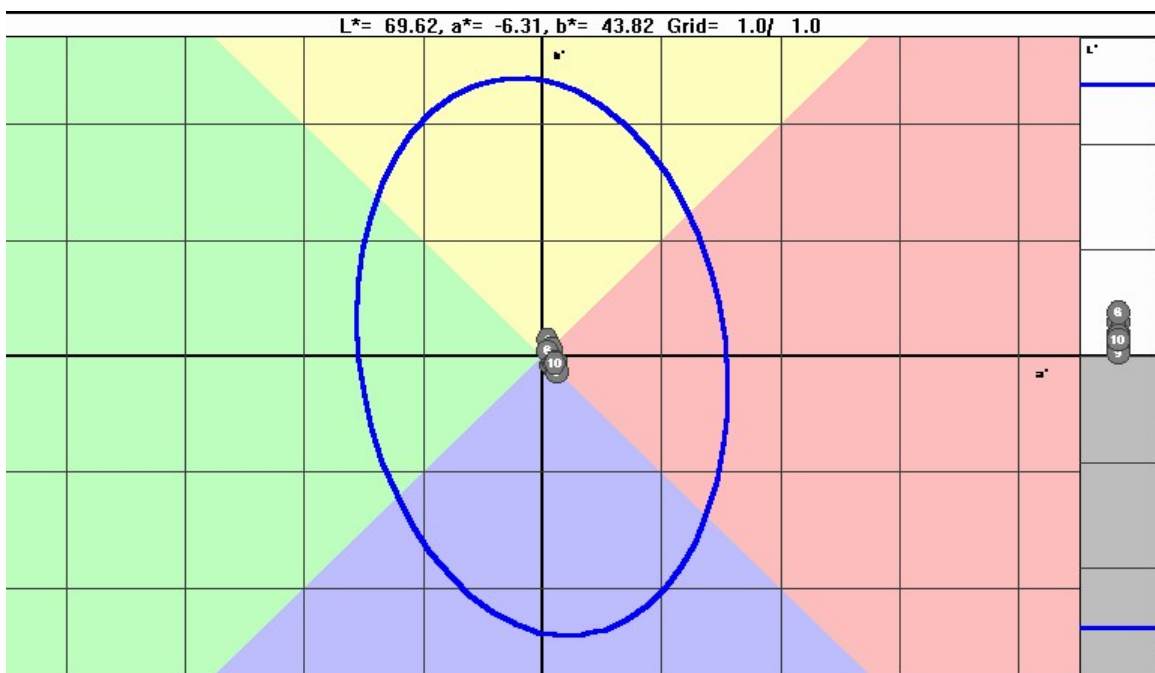
TABLA XXIV. Datos por la exposición de la luv a la mezcla cuatro, usando colorante rojo.

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	S0001STANDAR		44,78	39,57	14,62			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							l:c=	2
Sample 10	S100001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,69	-2,09	-0,77	2,8		1,25
Sample 9	S090001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,78	-1,99	-0,82	2,8		1,26
Sample 8	S080001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,29	-1,87	-0,98	2,47		1,1
Sample 7	S070001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,56	-1,79	-0,74	2,49		1,12
Sample 6	S060001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,44	-1,6	-0,58	2,22		1
Sample 5	S050001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,3	-1,51	-0,46	2,05		0,92
Sample 4	S040001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,18	-1,33	-0,44	1,83		0,82
Sample 3	S030001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,18	-1,33	-0,41	1,82		0,82
Sample 2	S020001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	1,02	-1,05	-0,37	1,51		0,68
Sample 1	S010001UV	Lighter, Less Red, Less Yellow	0,8	-0,73	-0,33	1,13		0,52

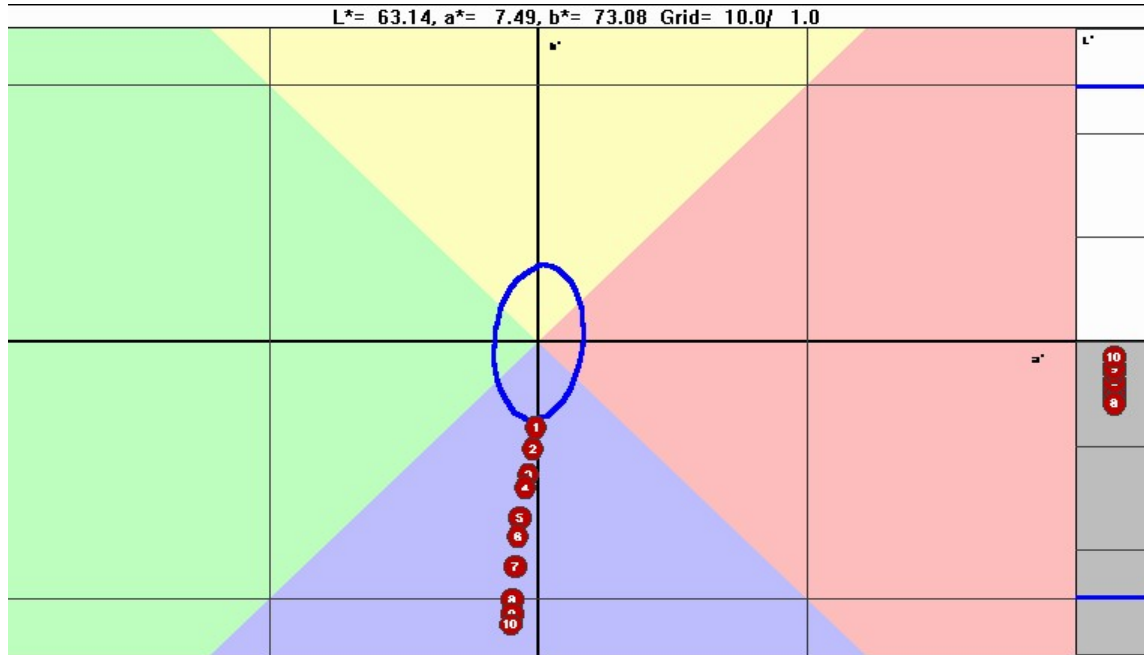
Gráfica 11. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla uno usando colorante amarillo



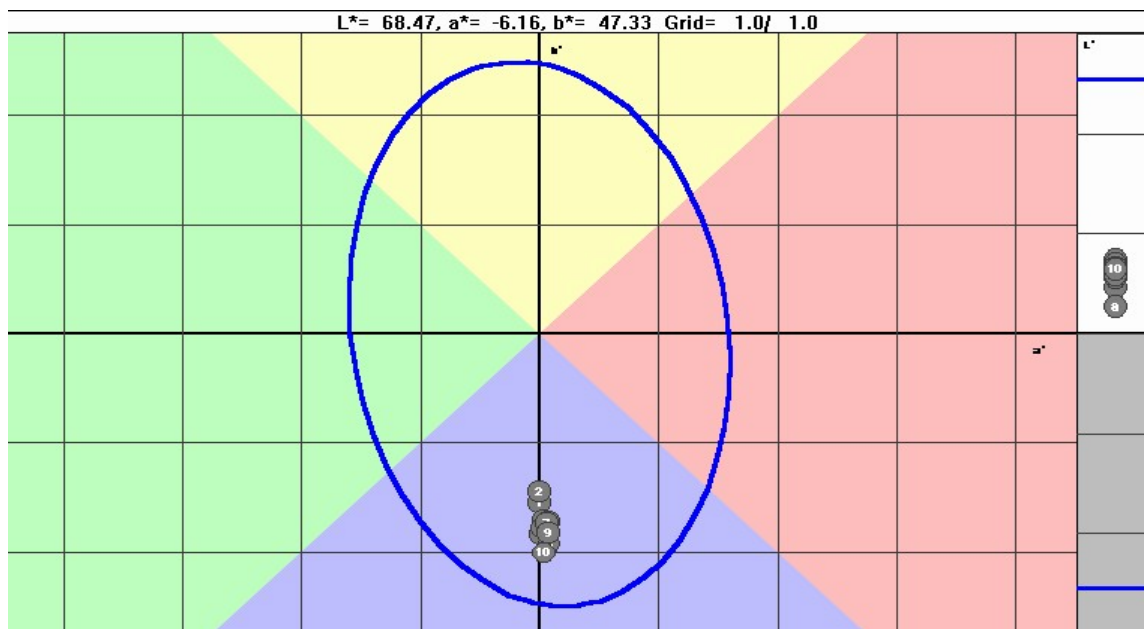
Gráfica 12. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla dos usando colorante amarillo



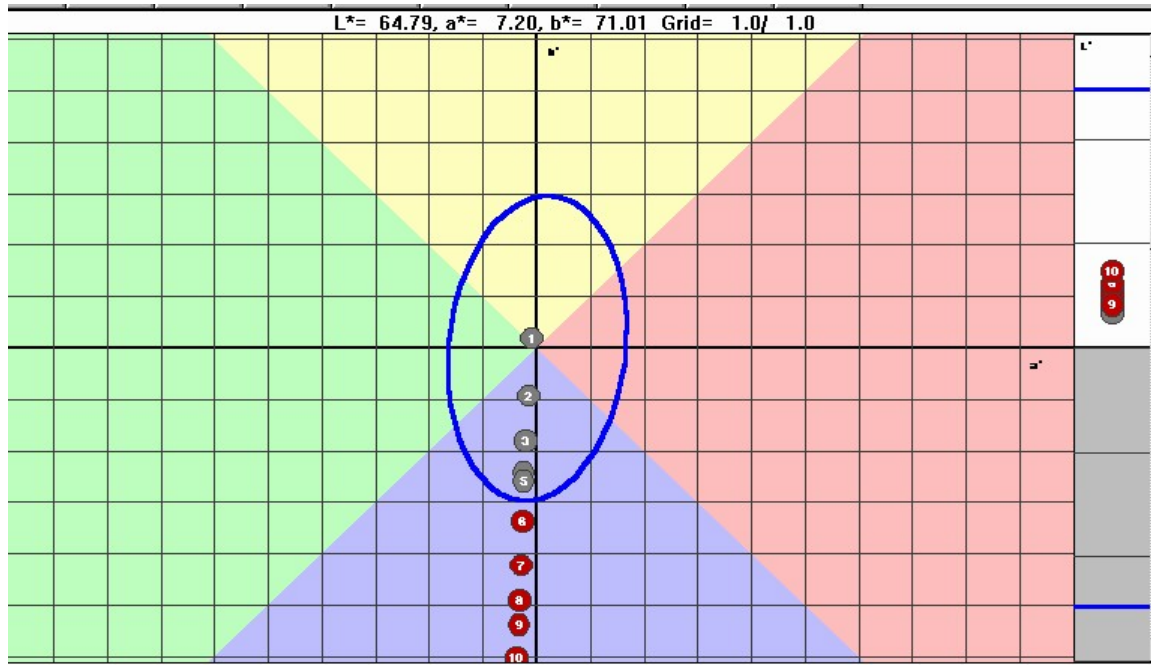
Gráfica 13. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla tres usando colorante amarillo



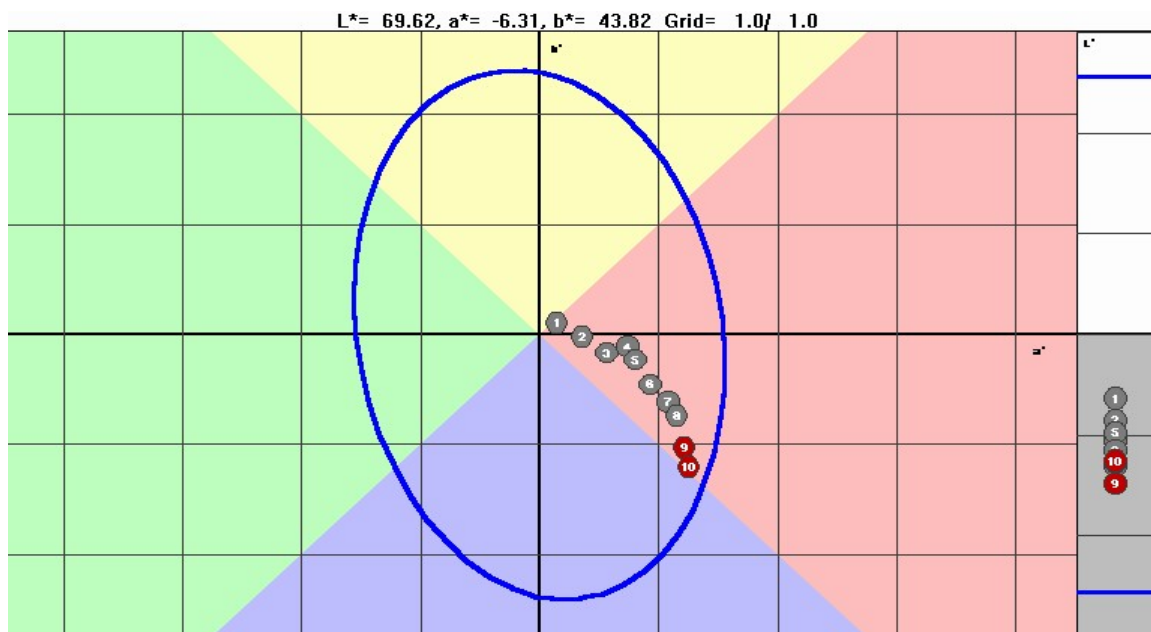
Gráfica 14. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo



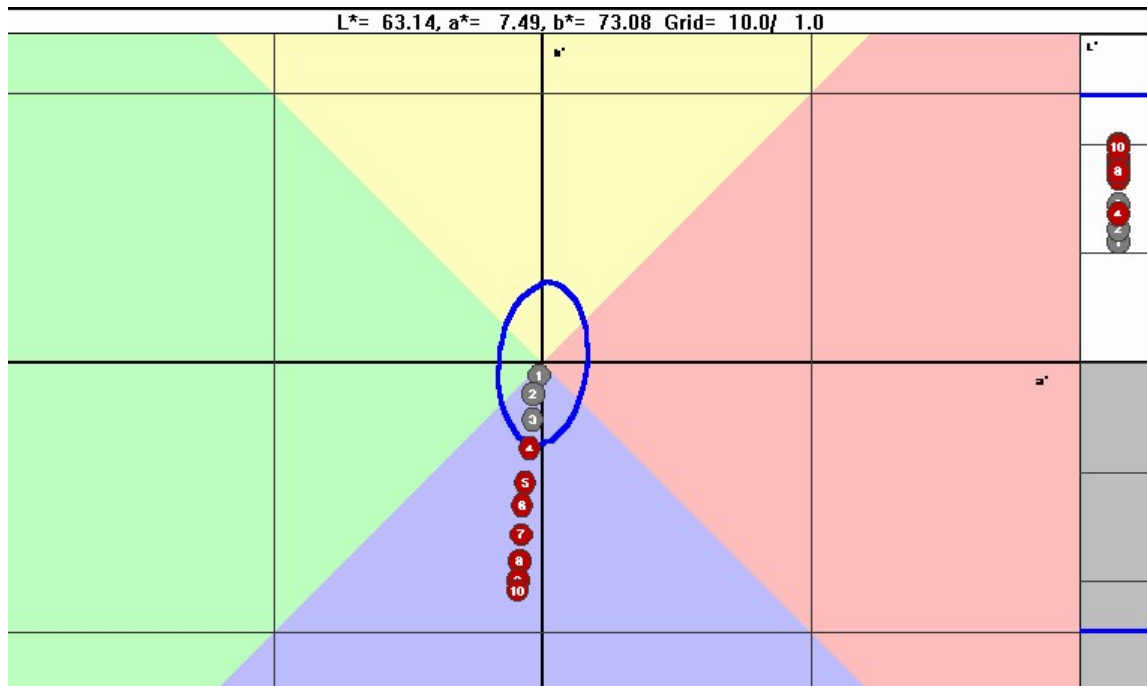
Gráfica 15. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla uno usando colorante amarillo



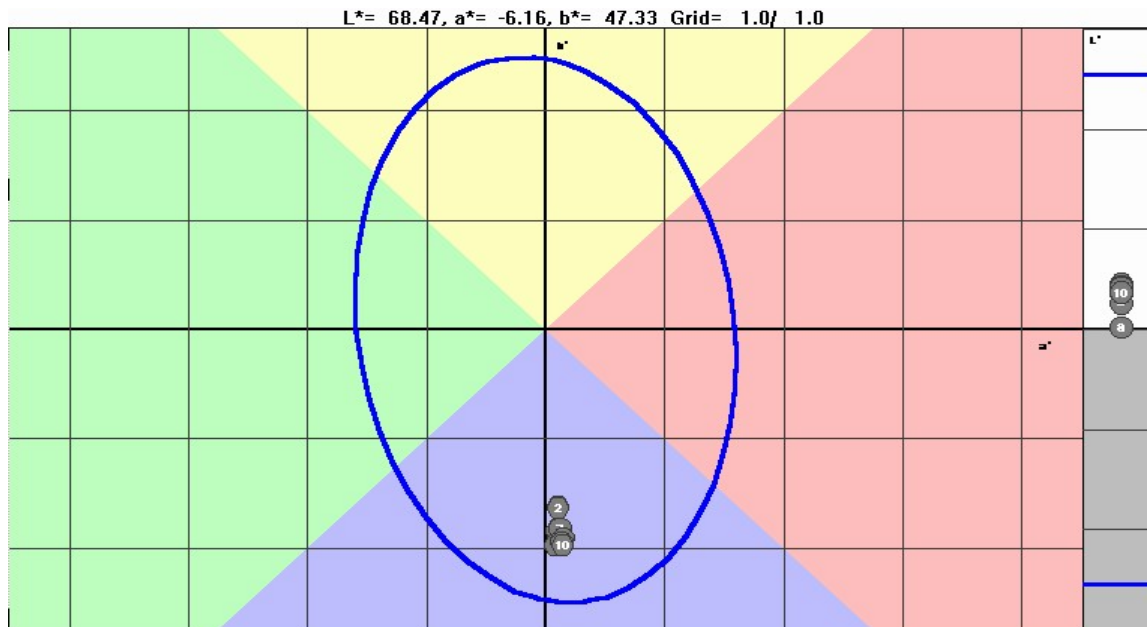
Gráfica 16. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla dos usando colorante amarillo



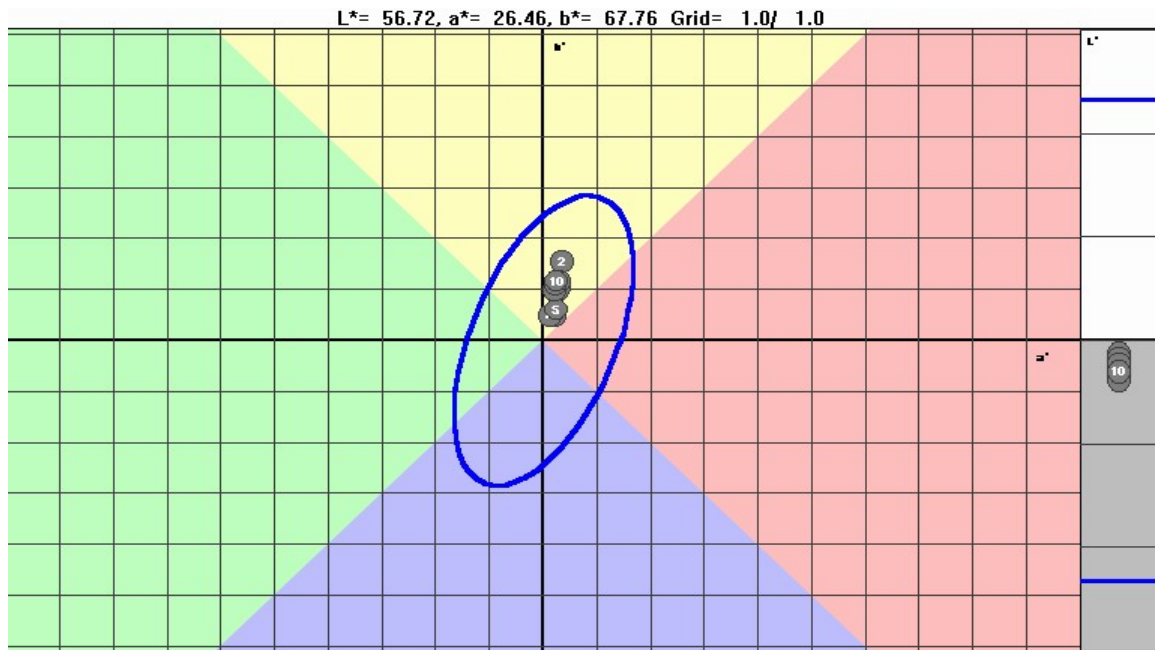
Gráfica 17. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla tres usando colorante amarillo



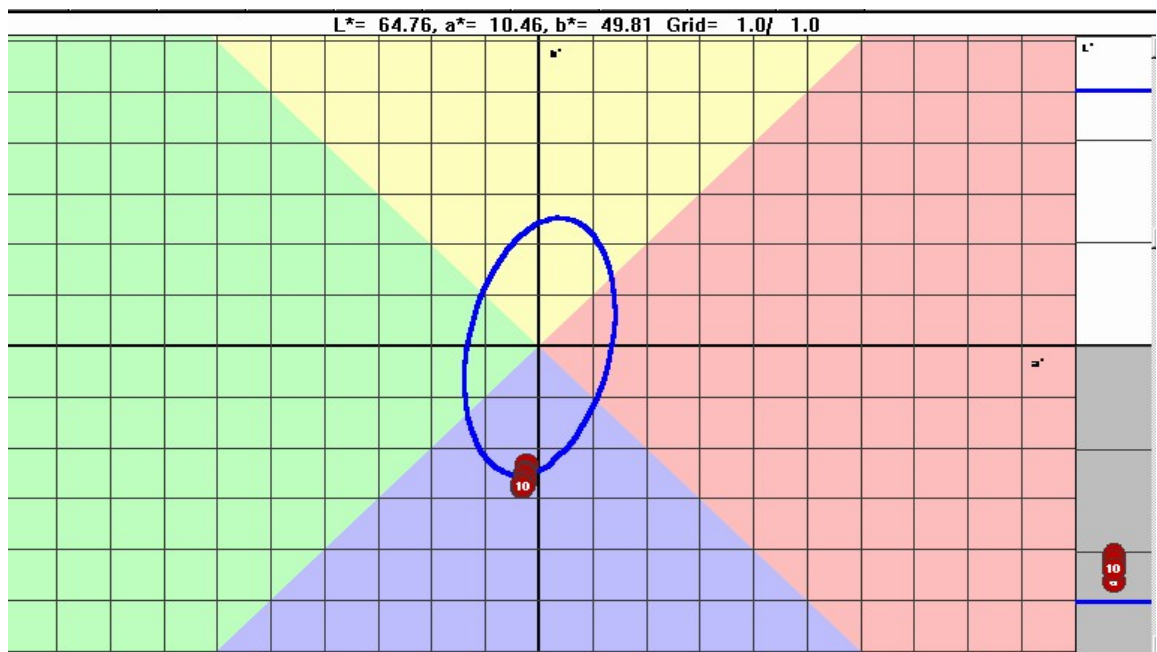
Gráfica 18. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla cuatro usando colorante amarillo



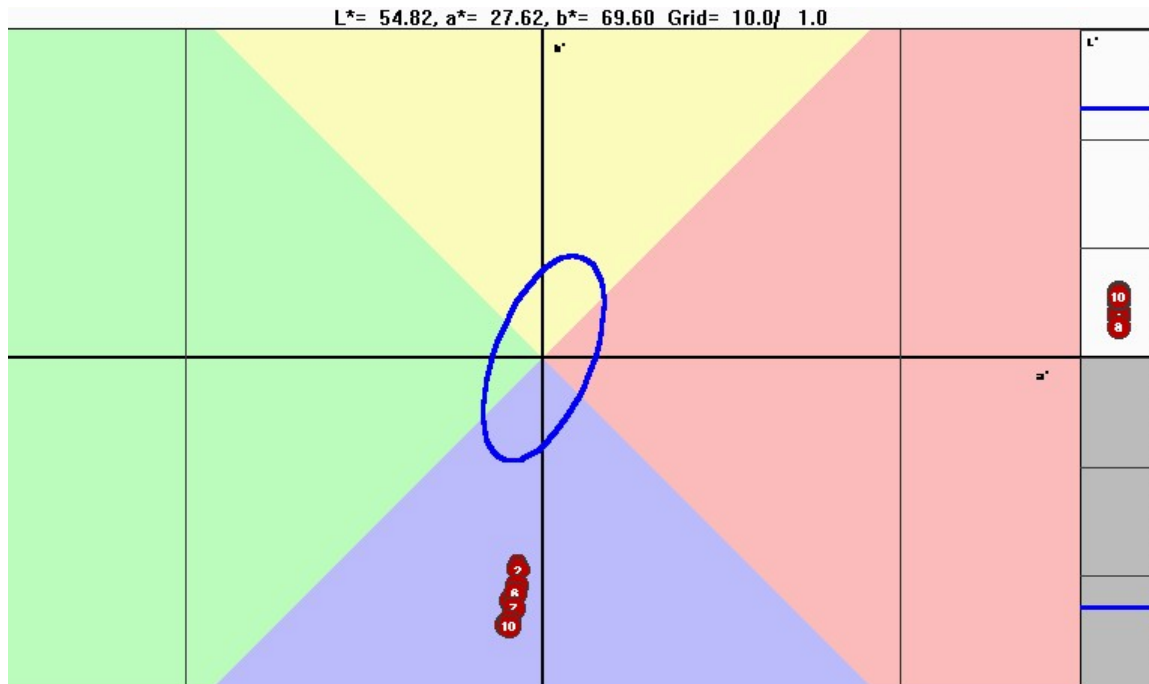
Gráfica 19. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla uno usando colorante anaranjado.



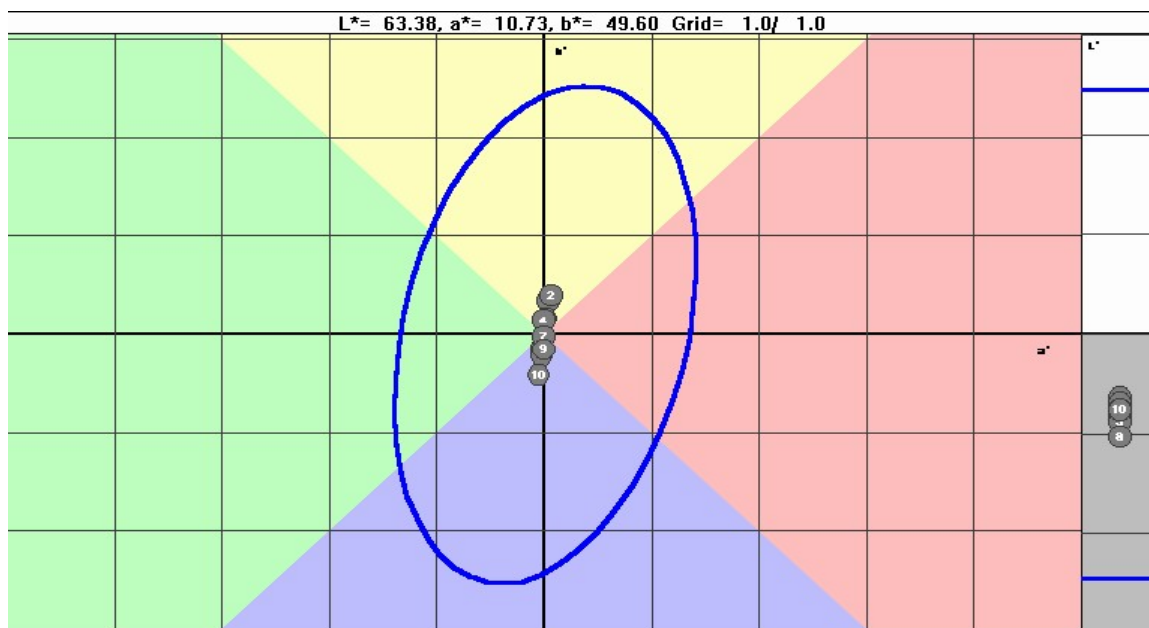
Gráfica 20. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla dos usando colorante anaranjado.



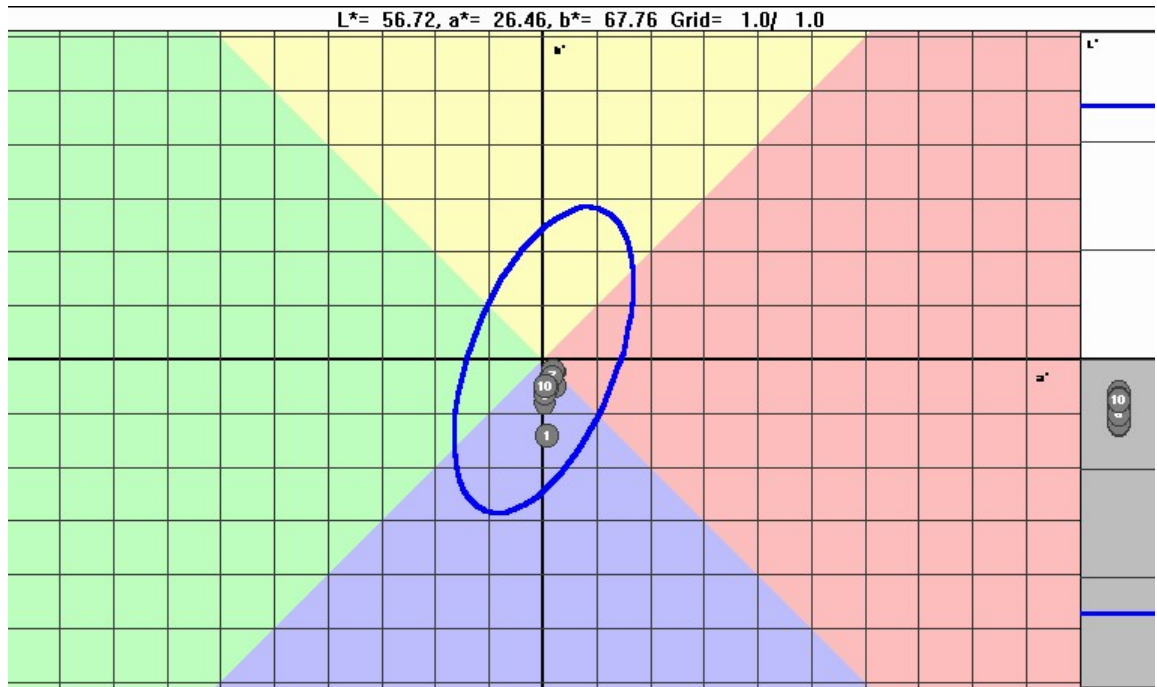
Gráfica 21. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla tres usando colorante anaranjado



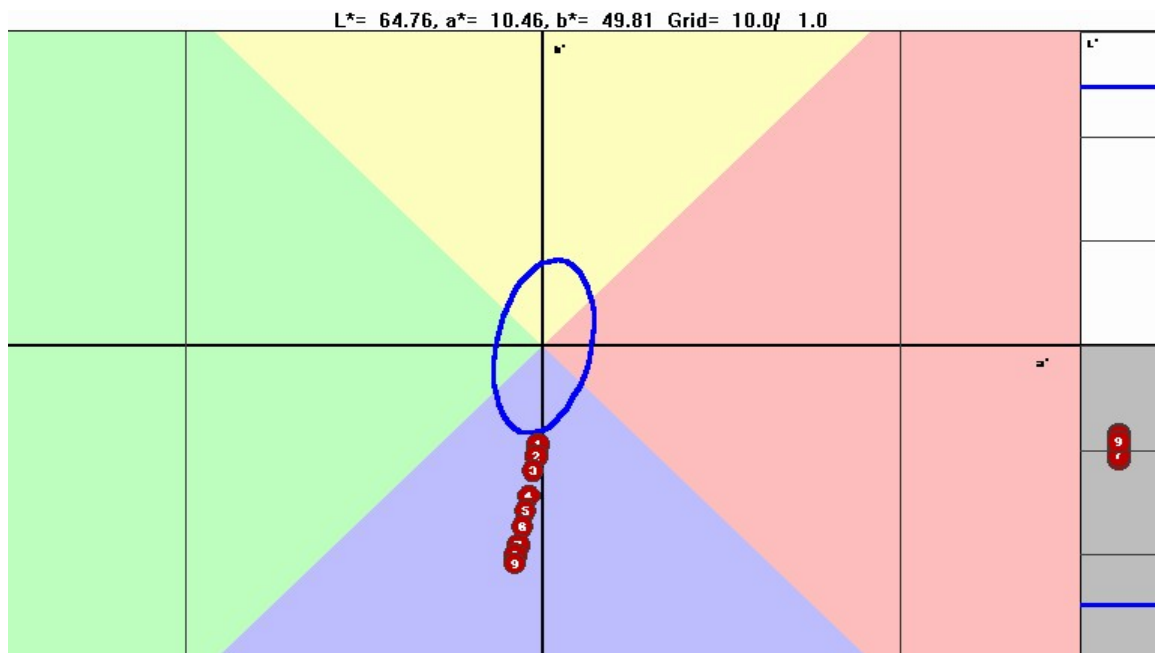
Gráfica 22. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla cuatro usando colorante anaranjado



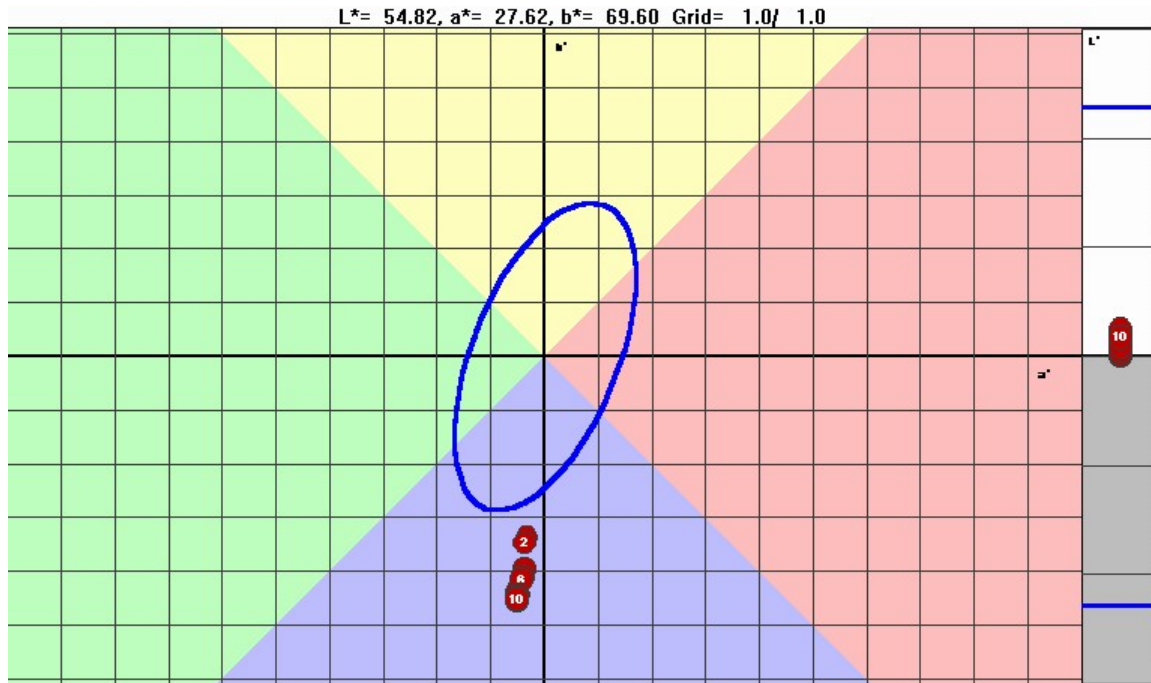
Gráfica 23. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla uno usando colorante anaranjado



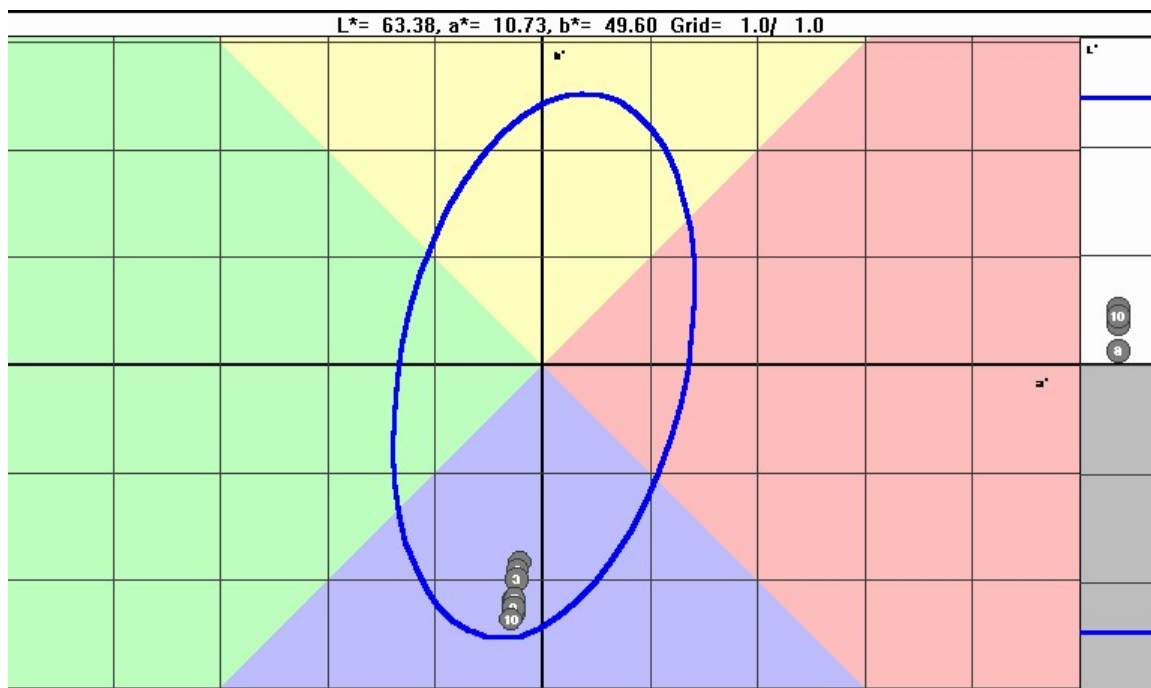
Gráfica 24. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla dos usando colorante anaranjado



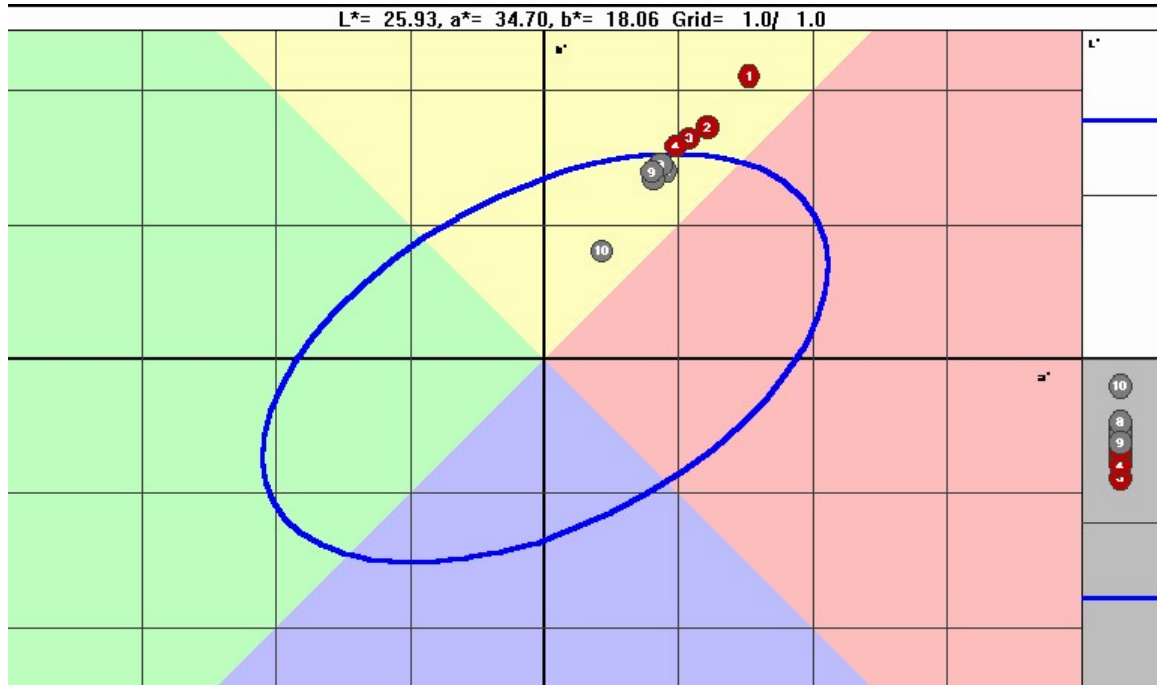
Gráfica 25. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla tres usando colorante anaranjado



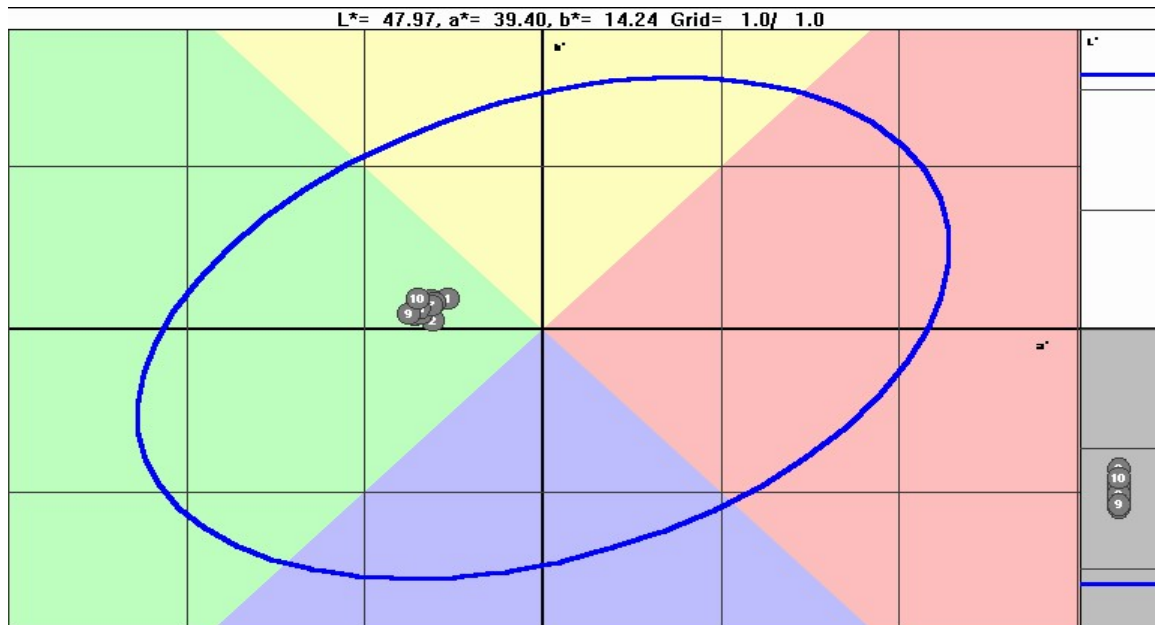
Gráfica 26. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla cuatro usando colorante anaranjado



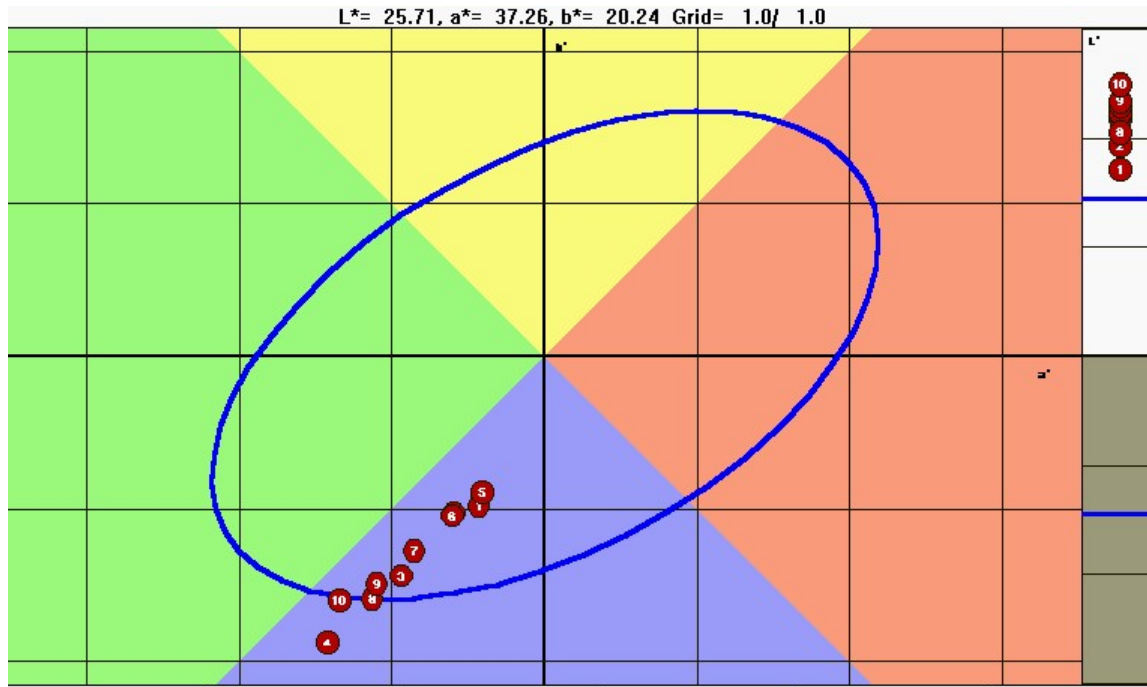
Gráfica 27. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla uno usando colorante rojo.



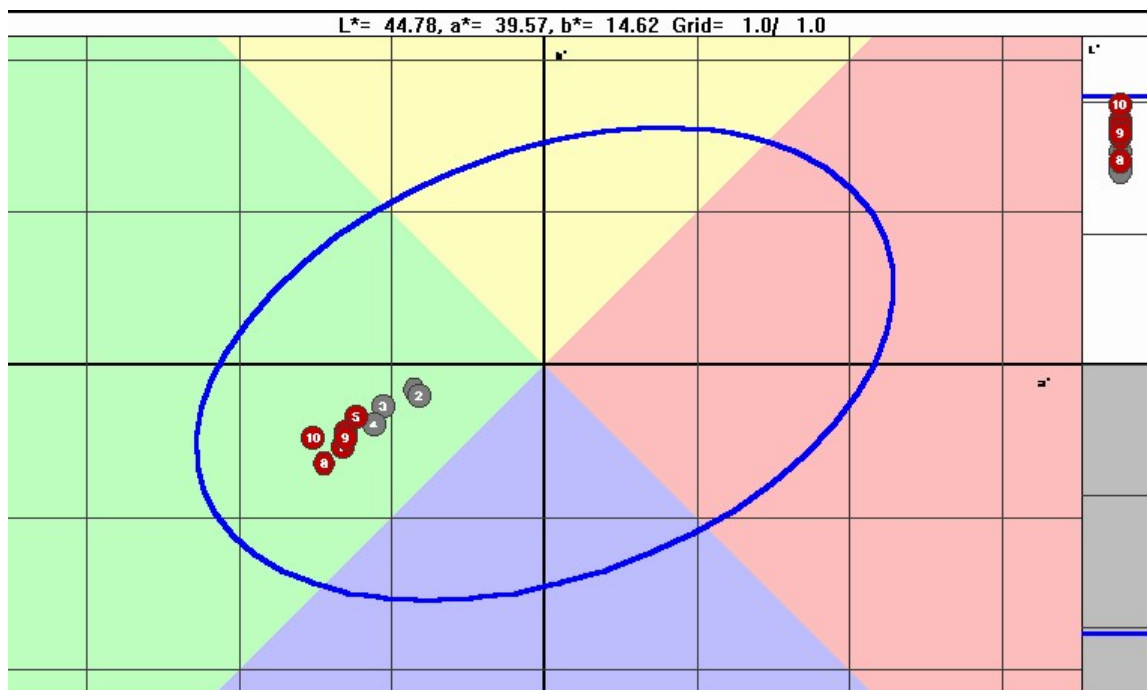
Gráfica 28. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla dos usando colorante rojo.



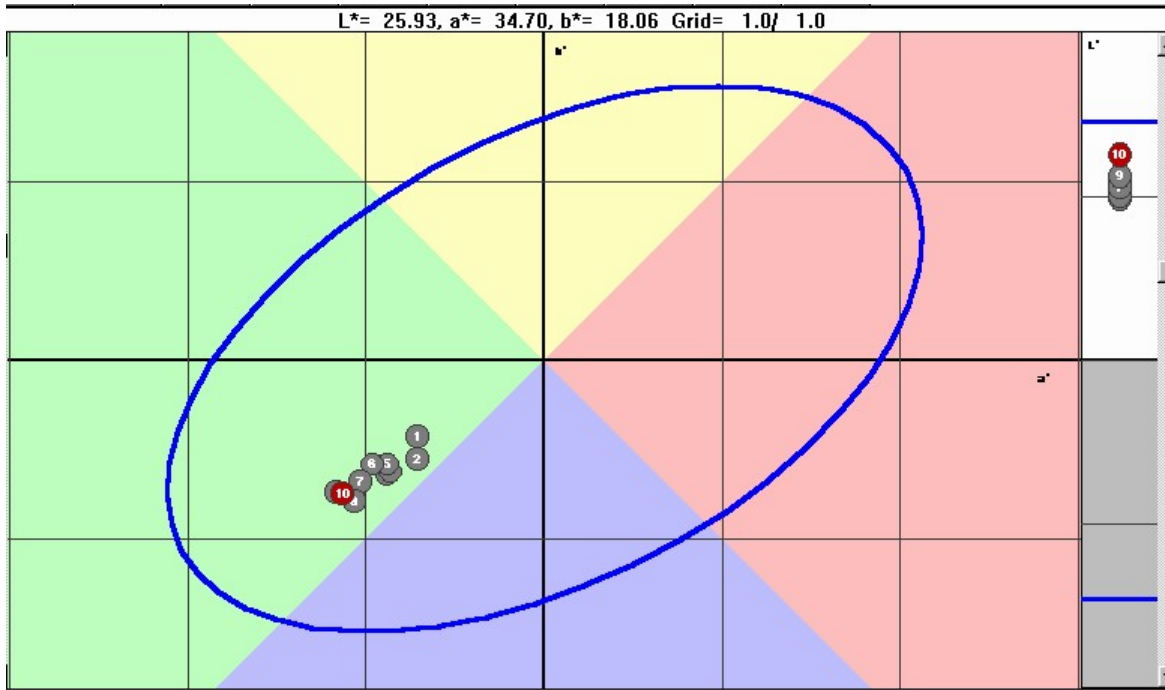
Gráfica 29. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lvb a la mezcla tres usando colorante rojo.



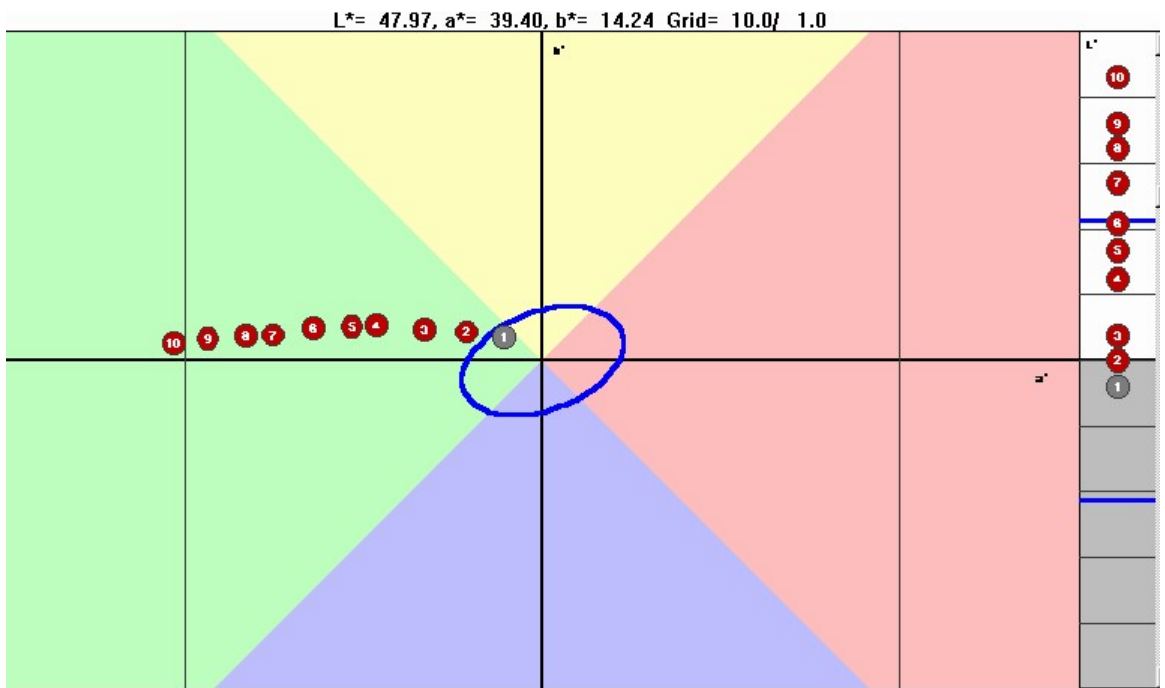
Gráfica 30. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lbv a la mezcla cuatro usando colorante rojo.



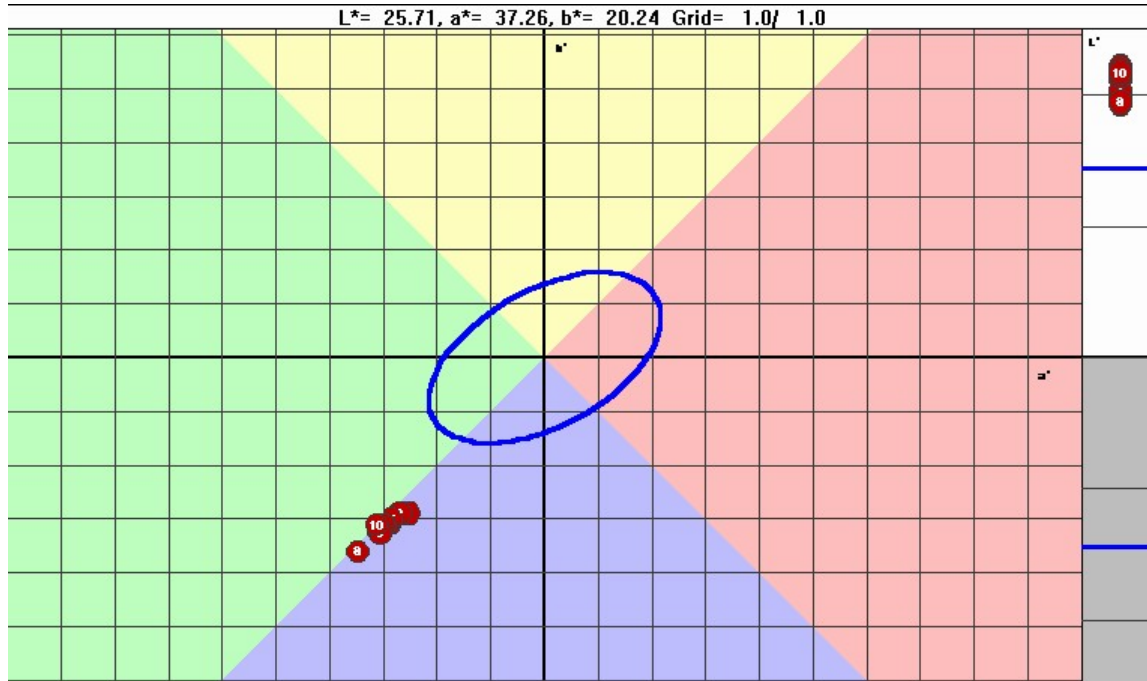
Gráfica 31. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de lv a la mezcla uno usando colorante rojo.



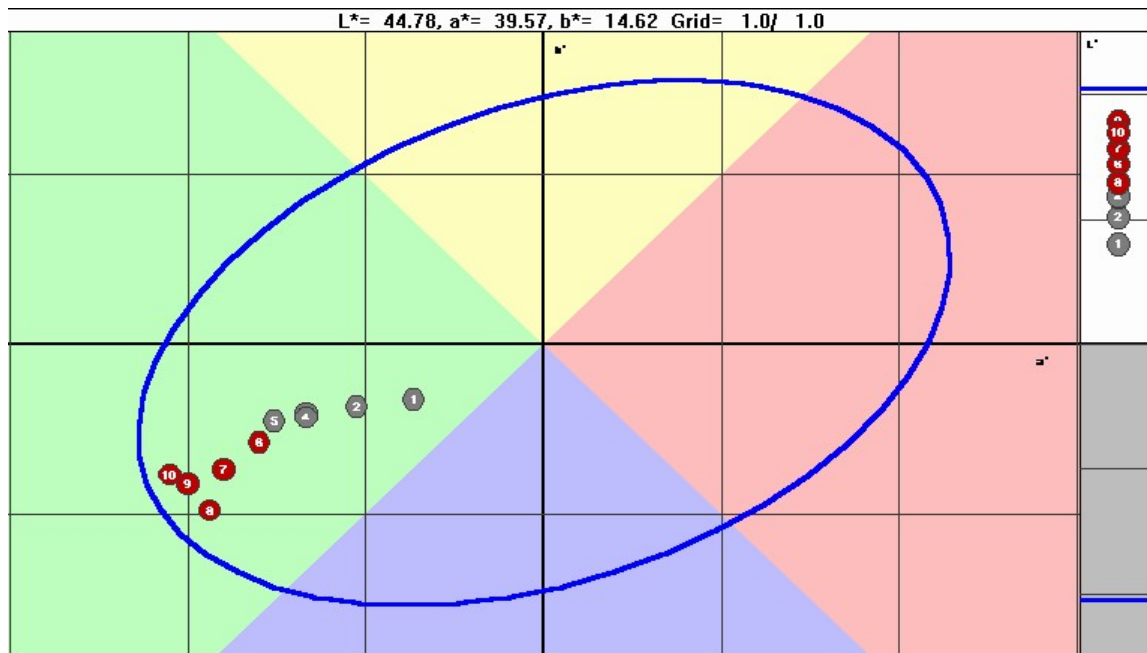
Gráfica 32. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luv a la mezcla dos usando colorante rojo.



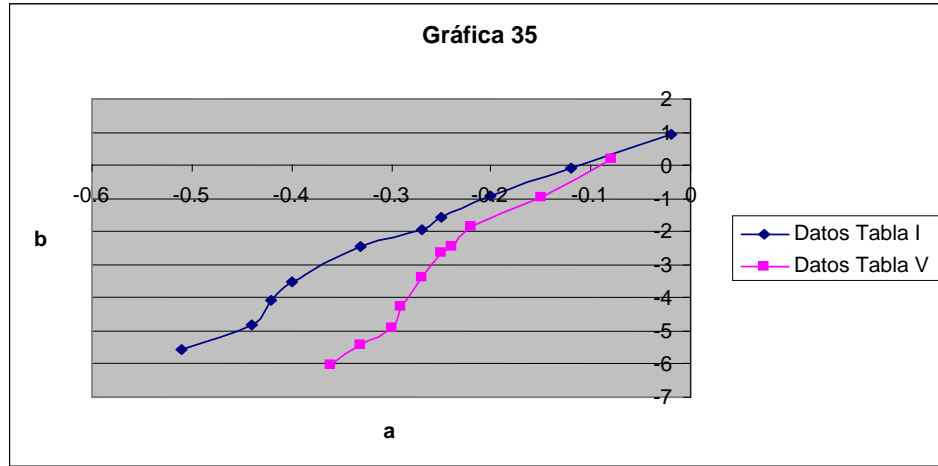
Gráfica 33. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla tres usando colorante rojo.



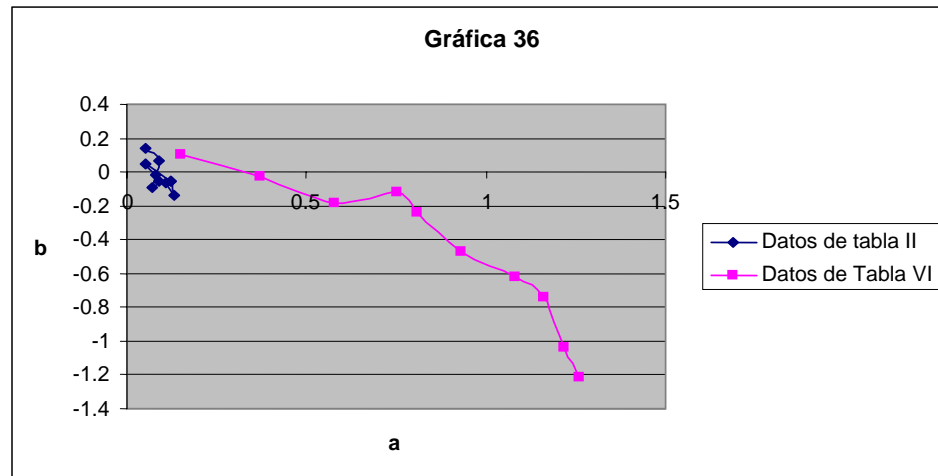
Gráfica 34. Gráfica de datos de la exposición a la radiación de luz a la mezcla cuatro usando colorante rojo.



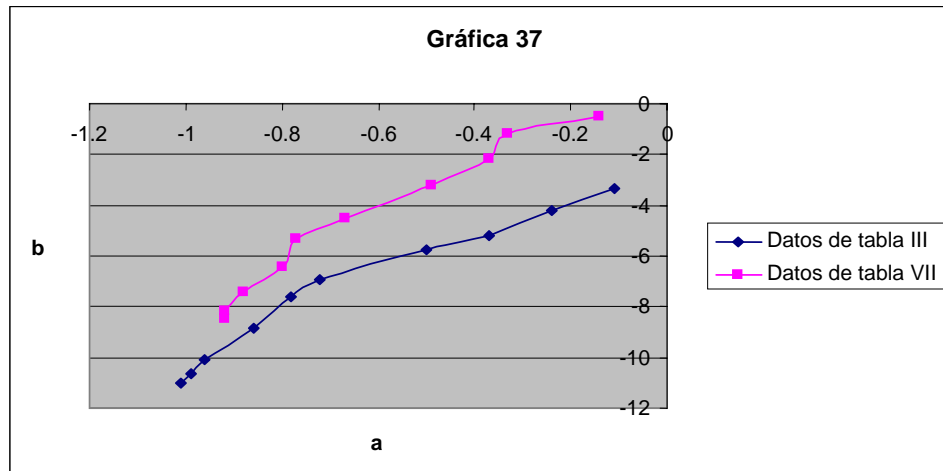
Gráfica 35. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla uno usando colorante amarillo.



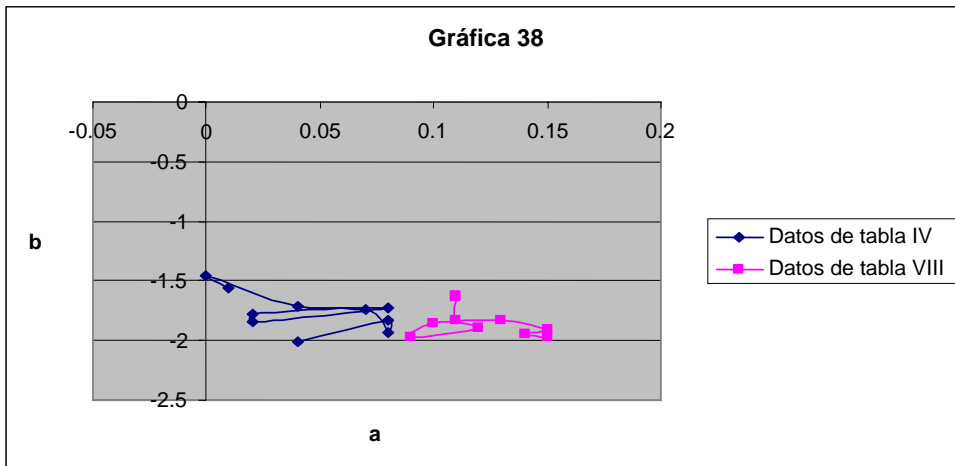
Gráfica 36. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla dos usando colorante amarillo.



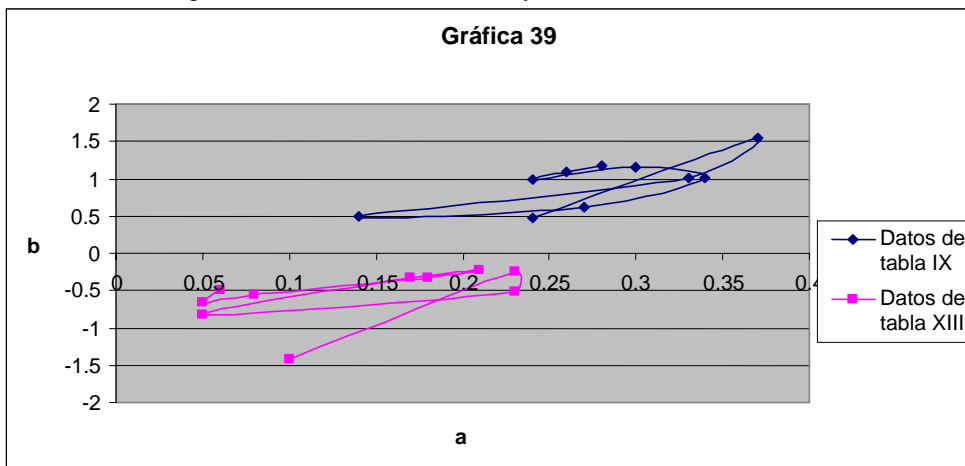
Gráfica 37. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla tres usando colorante amarillo.



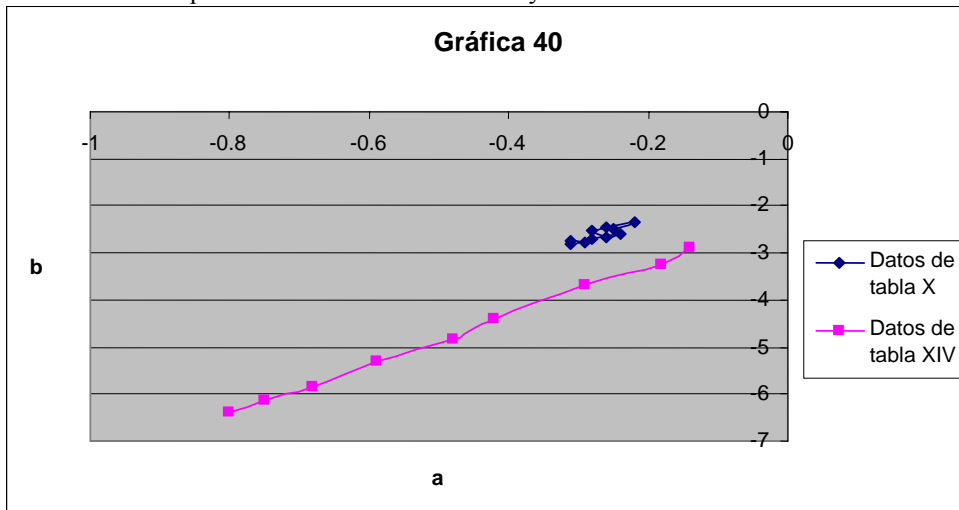
Gráfica 38. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo.



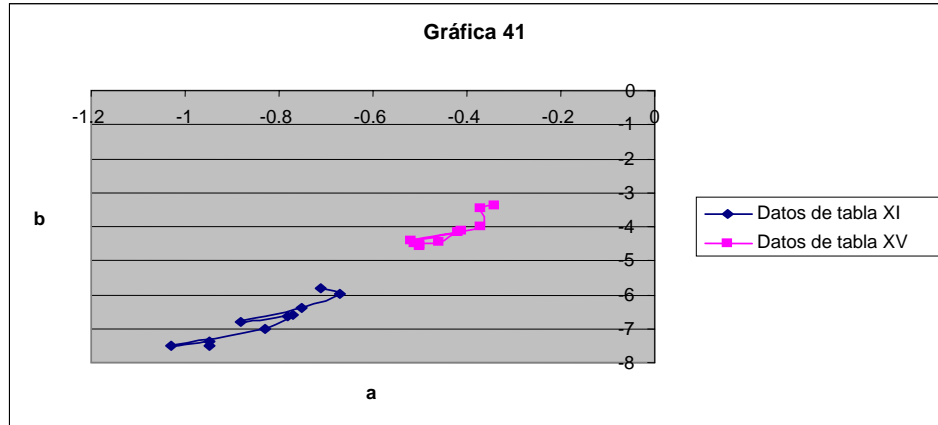
Gráfica 39. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla uno usando colorante anaranjado.



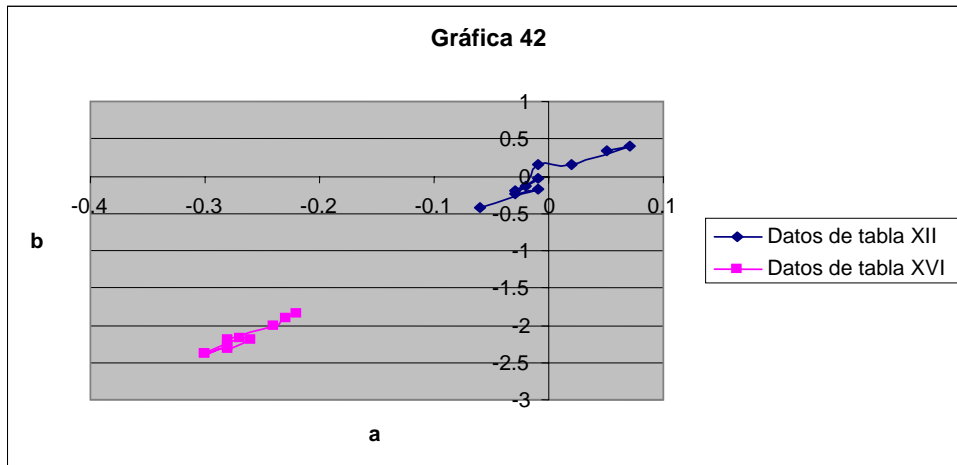
Gráfica 40. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla dos usando colorante anaranjado.



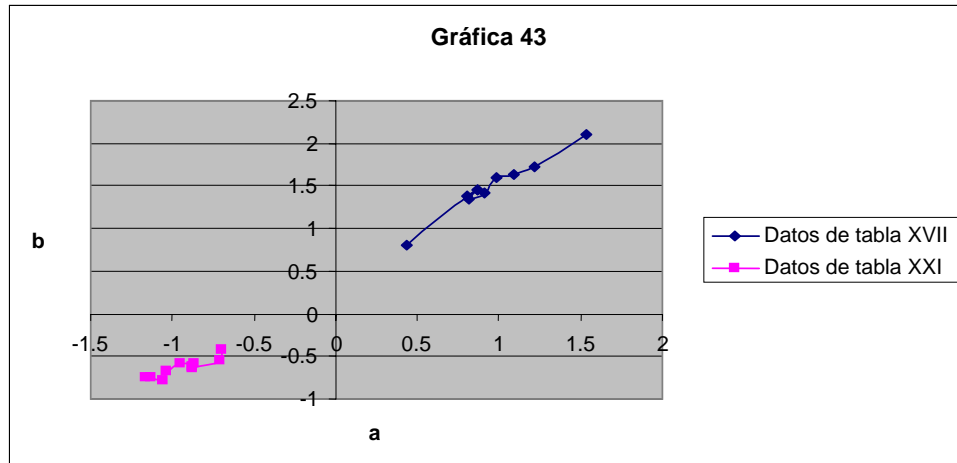
Gráfica 41. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla tres usando colorante anaranjado.



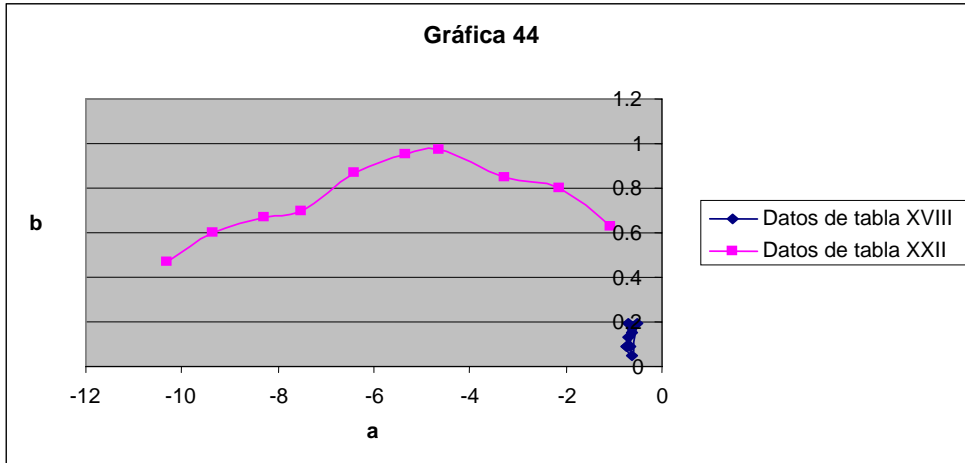
Gráfica 42. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla cuatro usando colorante anaranjado.



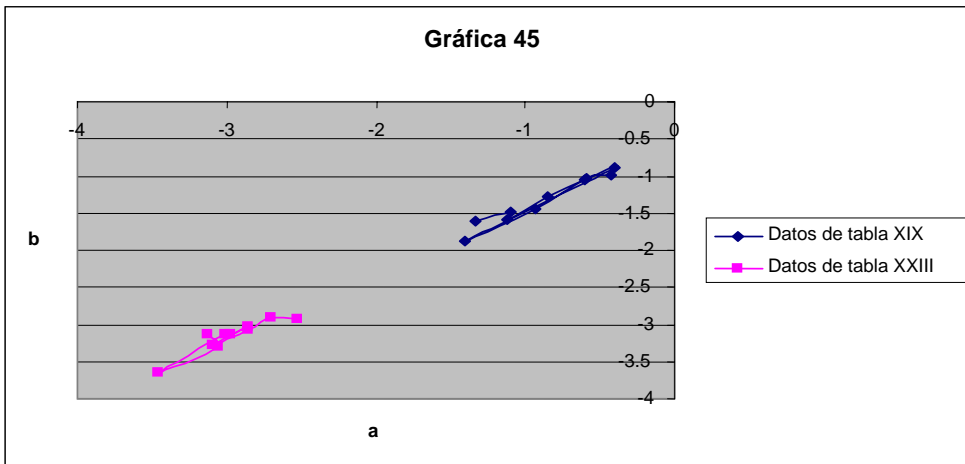
Gráfica 43. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla uno usando colorante rojo.



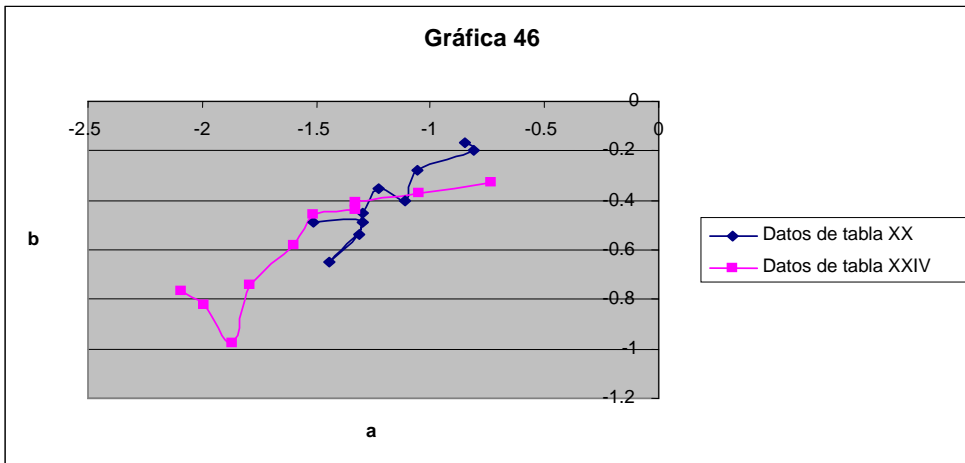
Gráfica 44. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla dos usando colorante rojo.



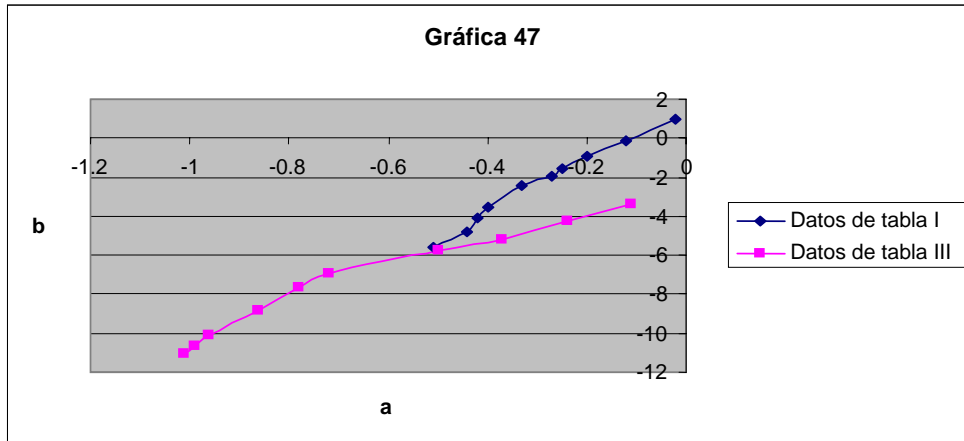
Gráfica 45. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla tres usando colorante rojo.



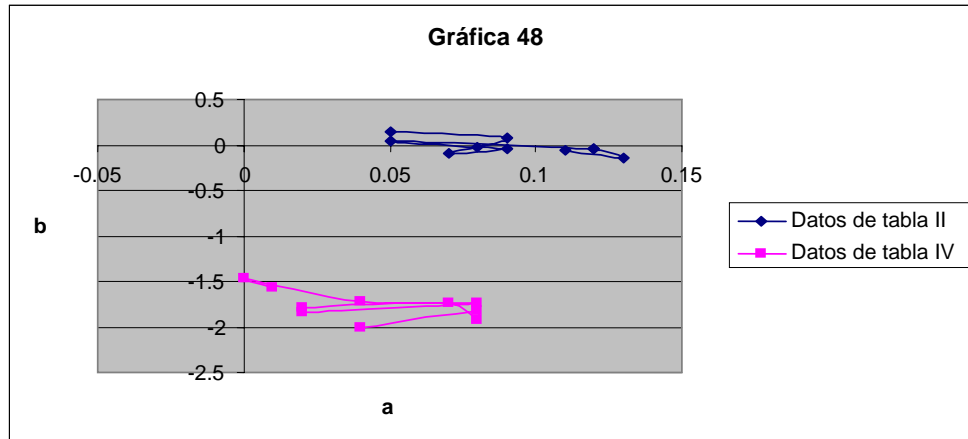
Gráfica 46. Comparación entre los datos de lbv y luv a la mezcla cuatro usando colorante rojo.



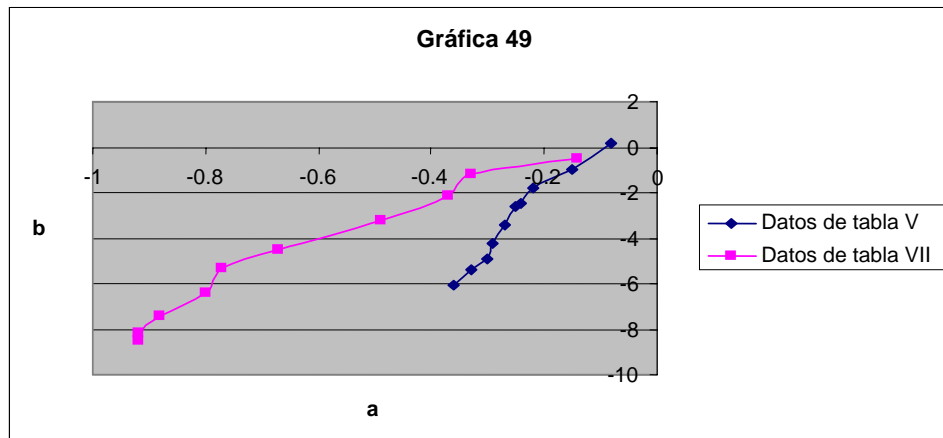
Gráfica 47. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1y 3 usando colorante amarillo.



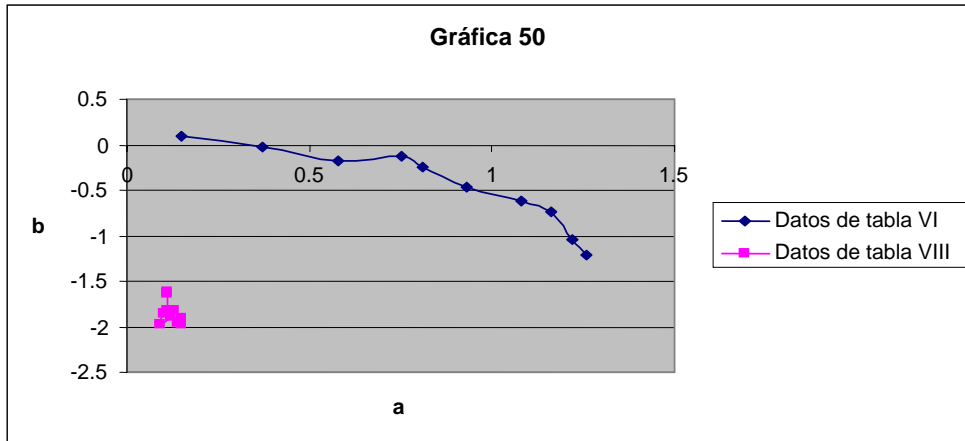
Gráfica 48. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 2 y 4 usando colorante amarillo.



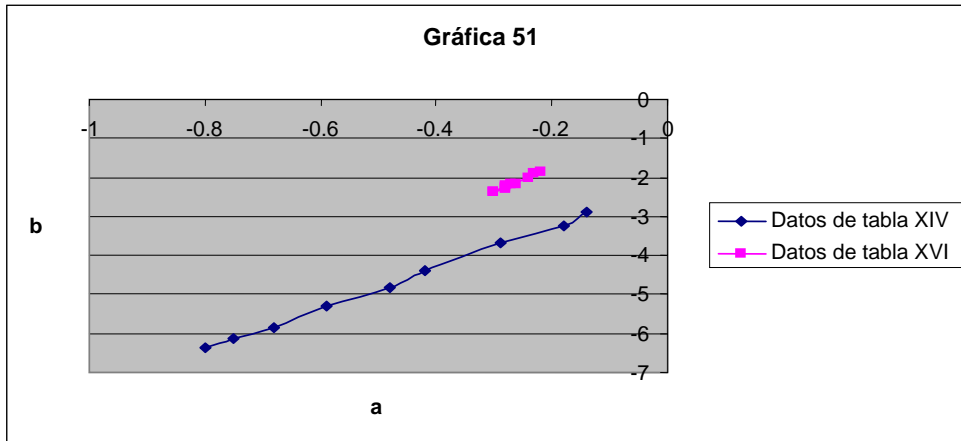
Gráfica 49. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 3 usando colorante amarillo.



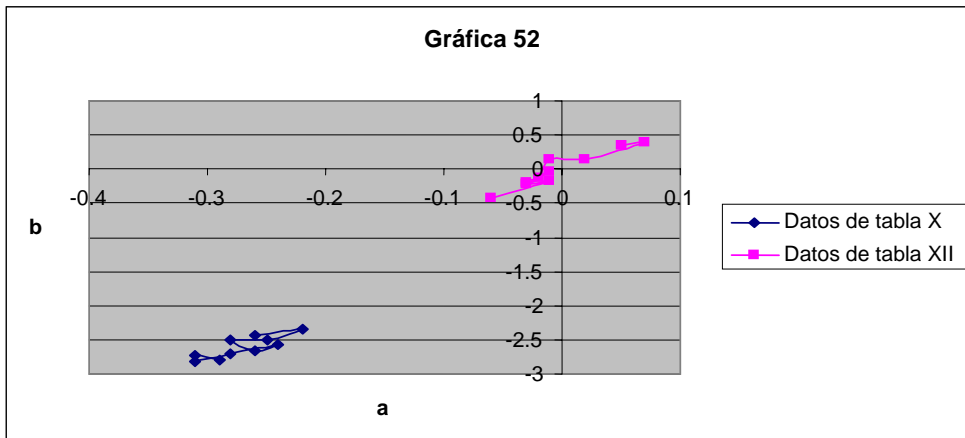
Gráfica 50. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 2 y 4 usando colorante amarillo.



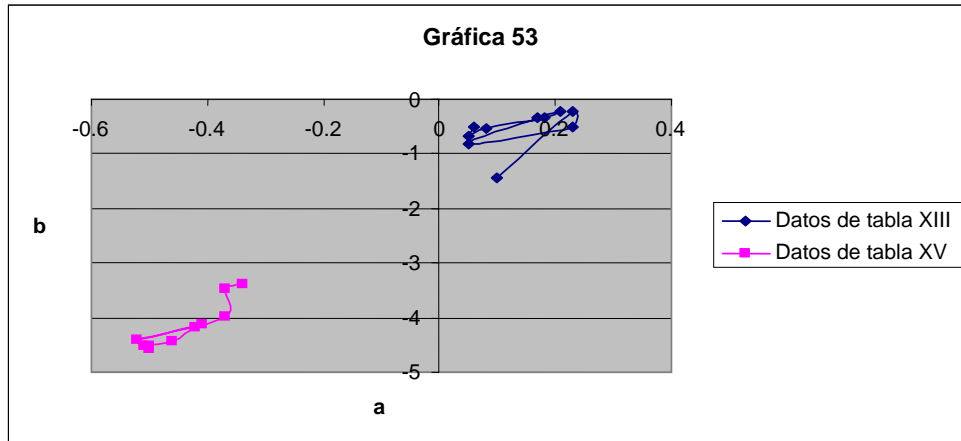
Gráfica 51. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 3 usando colorante anaranjado.



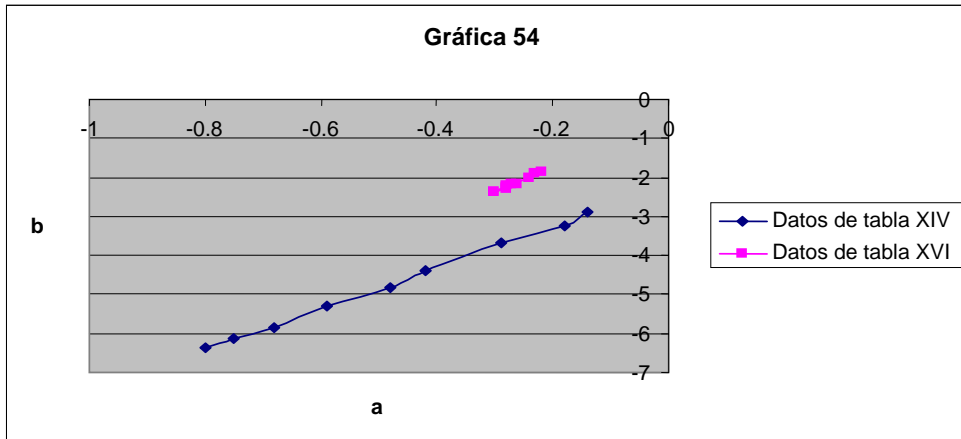
Gráfica 52. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 2 y 4 usando colorante anaranjado.



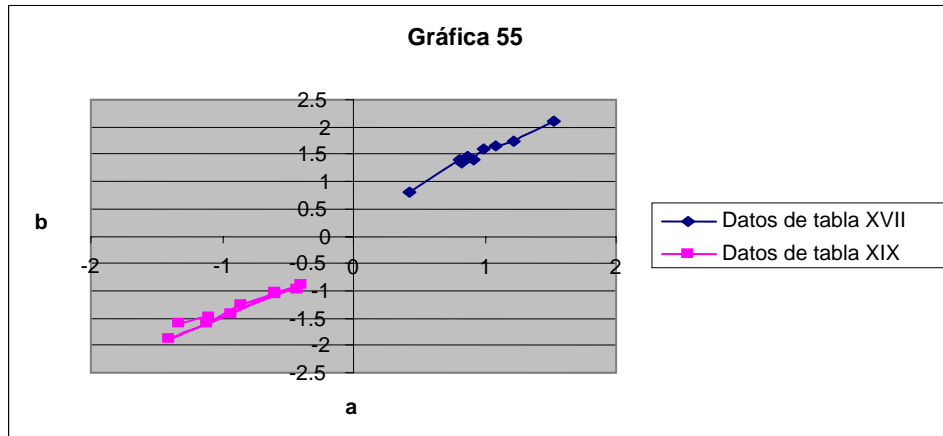
Gráfica 53. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 3 usando colorante anaranjado.



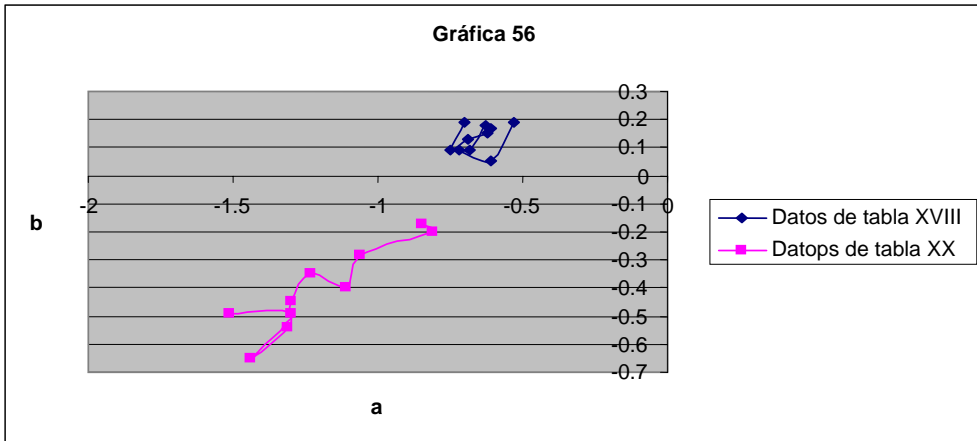
Gráfica 54. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 2 y 4 usando colorante anaranjado.



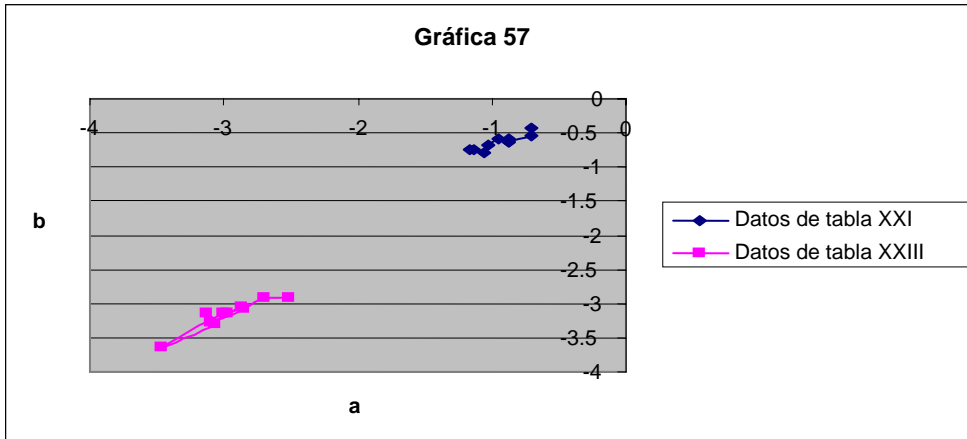
Gráfica 55. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 3 usando colorante rojo.



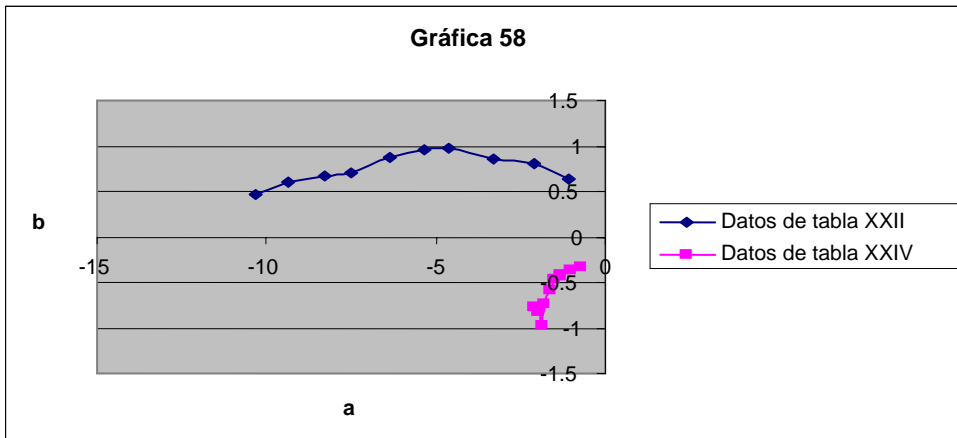
Gráfica 56. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 2 y 4 usando colorante rojo.



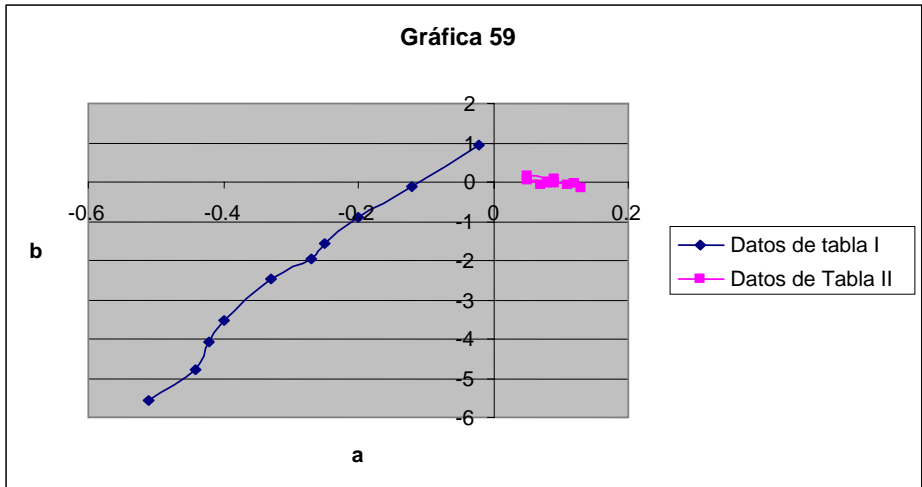
Gráfica 57. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 3 usando colorante rojo.



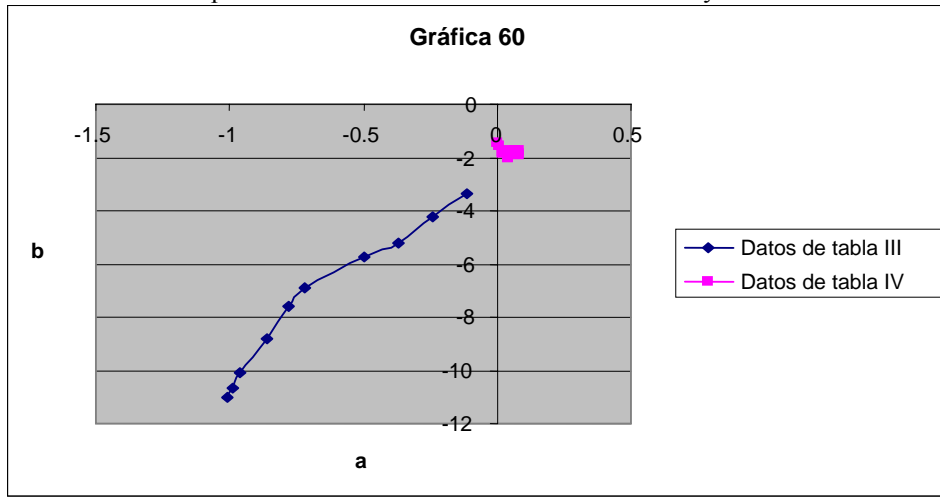
Gráfica 58. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 2 y 4 usando colorante rojo.



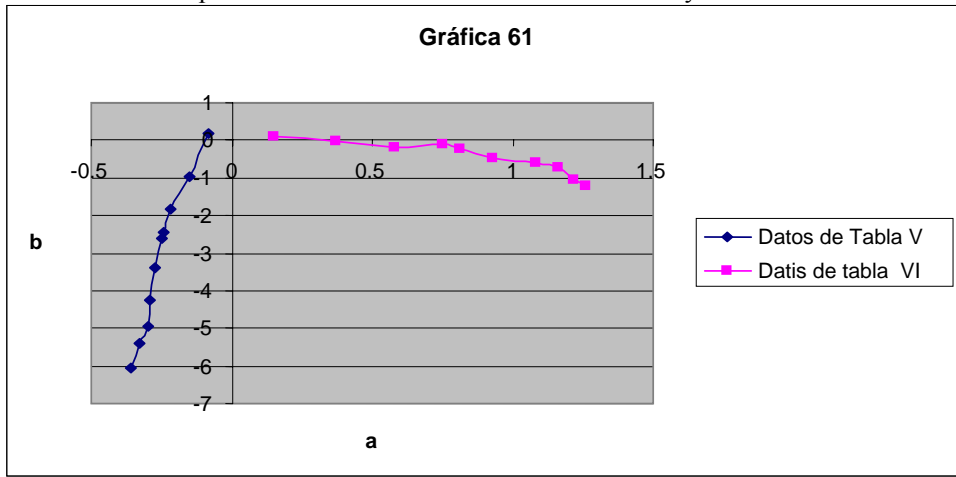
Gráfica 59. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 2 usando colorante amarillo.



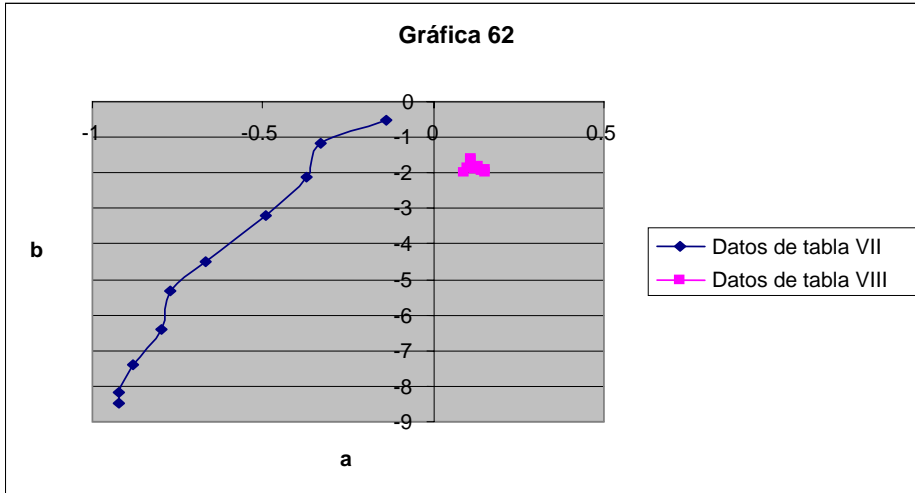
Gráfica 60. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 3 y 4 usando colorante amarillo.



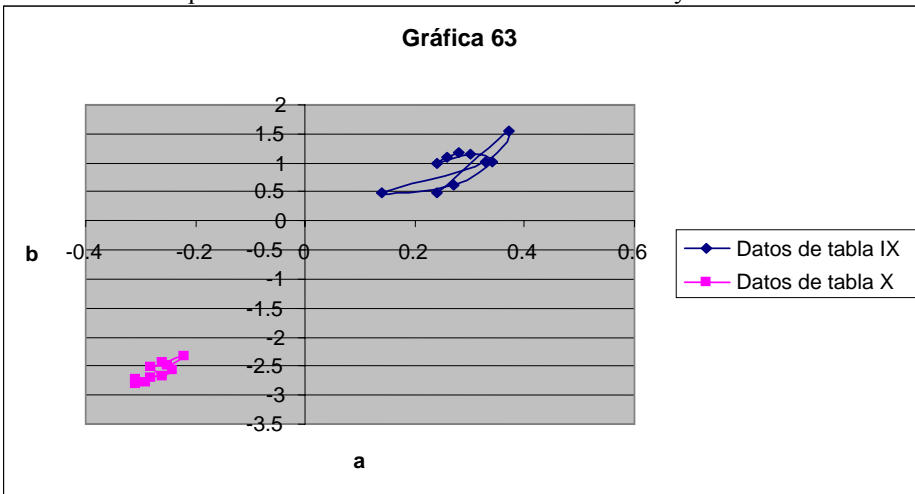
Gráfica 61. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 2 usando colorante amarillo.



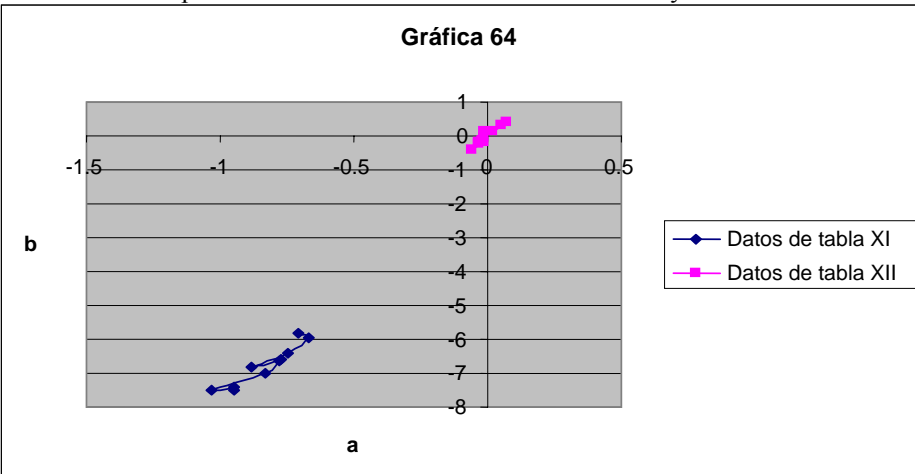
Gráfica 62. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 3 y 4 usando colorante amarillo.



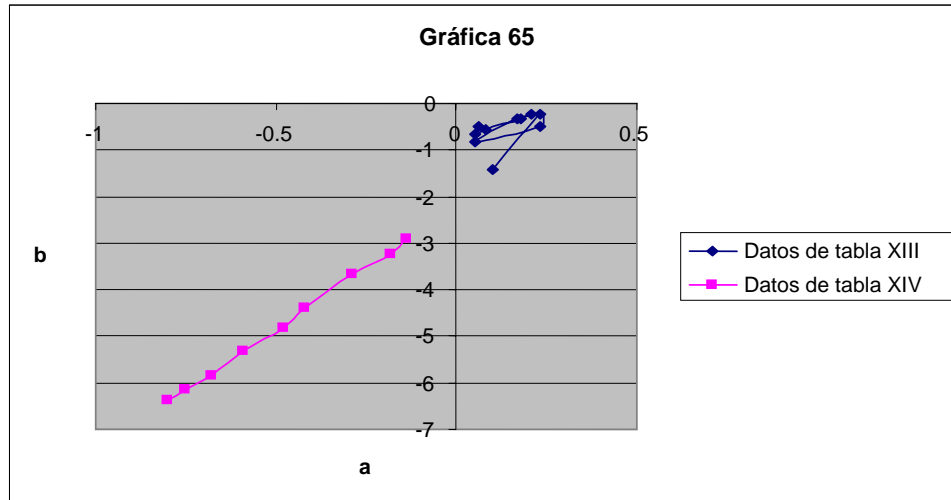
Gráfica 63. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 2 usando colorante anaranjado.



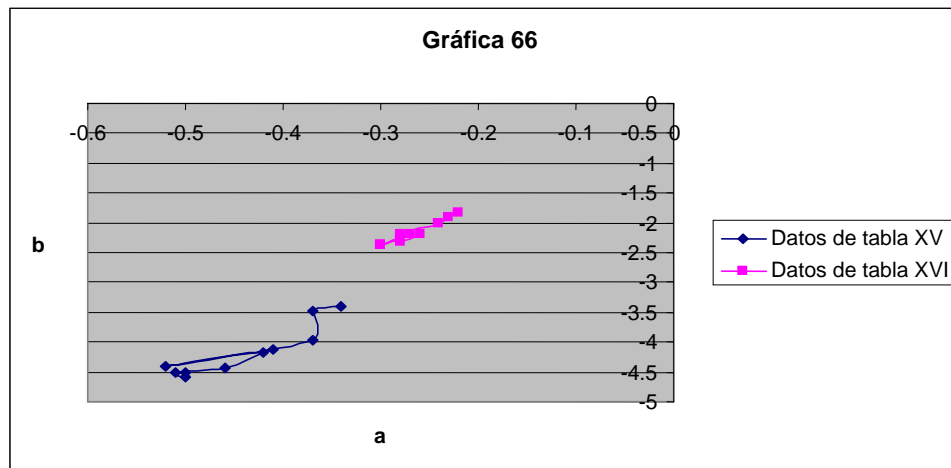
Gráfica 64. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 3 y 4 usando colorante anaranjado.



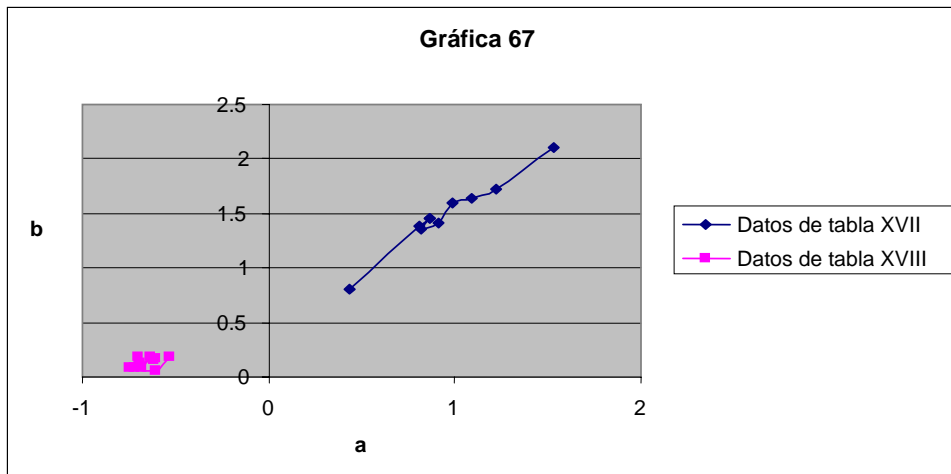
Gráfica 65. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 2 usando colorante anaranjado.



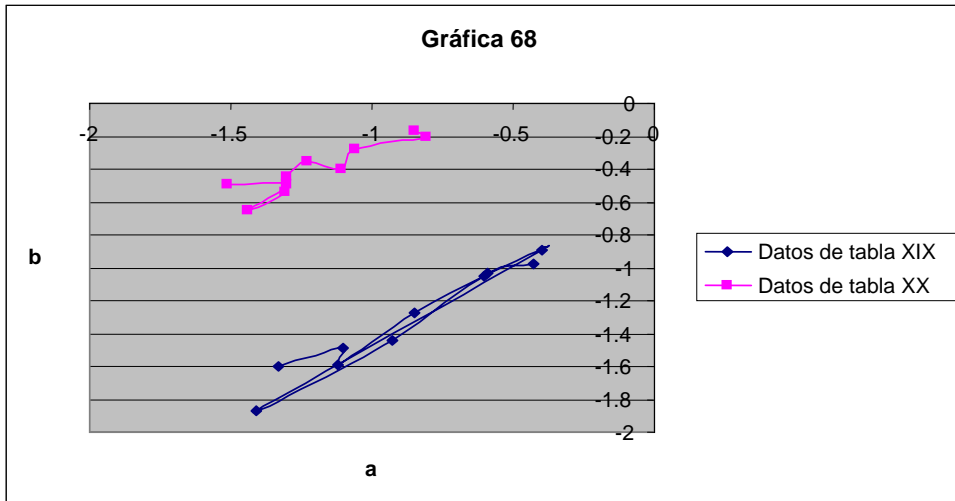
Gráfica 66. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 3 y 4 usando colorante anaranjado.



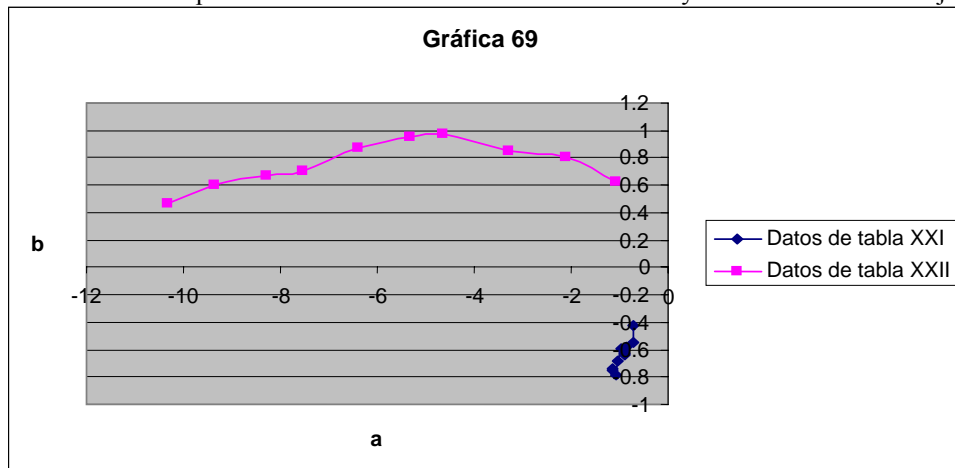
Gráfica 67. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 1 y 2 usando colorante rojo.



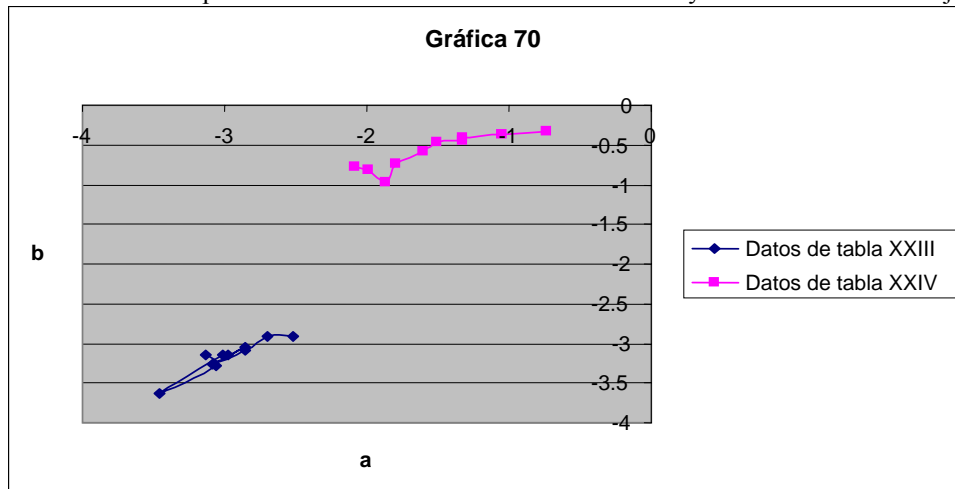
Gráfica 68. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla 3 y 4 usando colorante rojo.



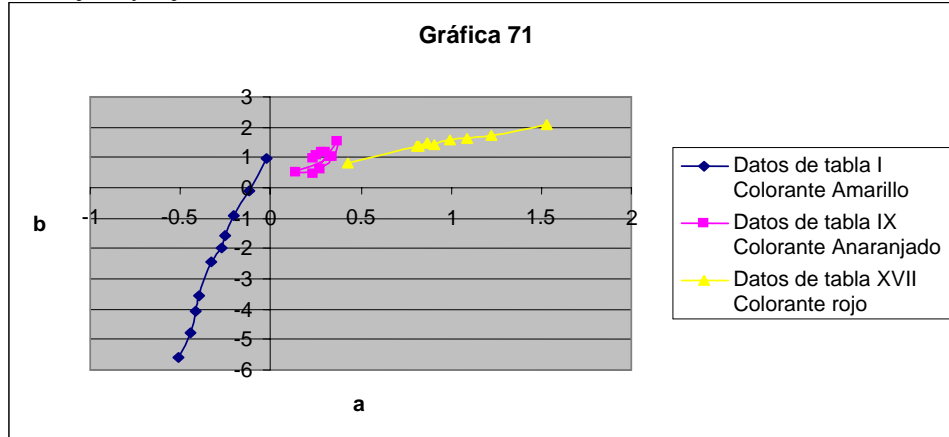
Gráfica 69. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 1 y 2 usando colorante rojo.



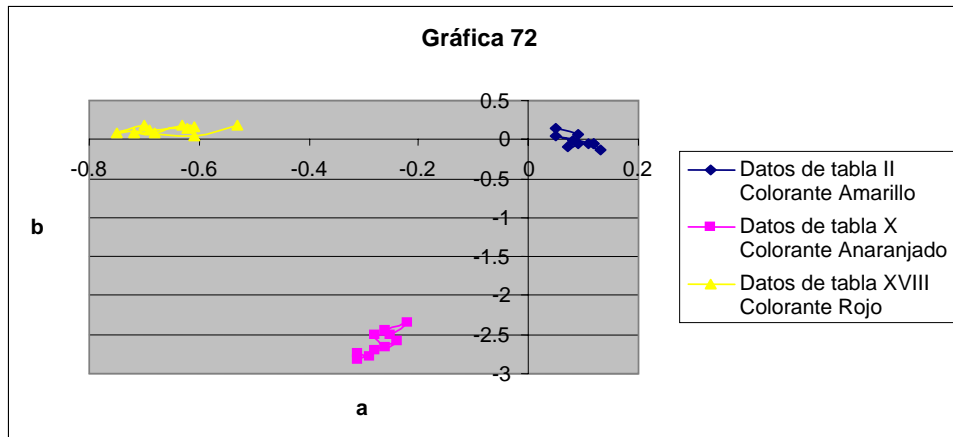
Gráfica 70. Comparación entre los datos de luv a la mezcla 3 y 4 usando colorante rojo.



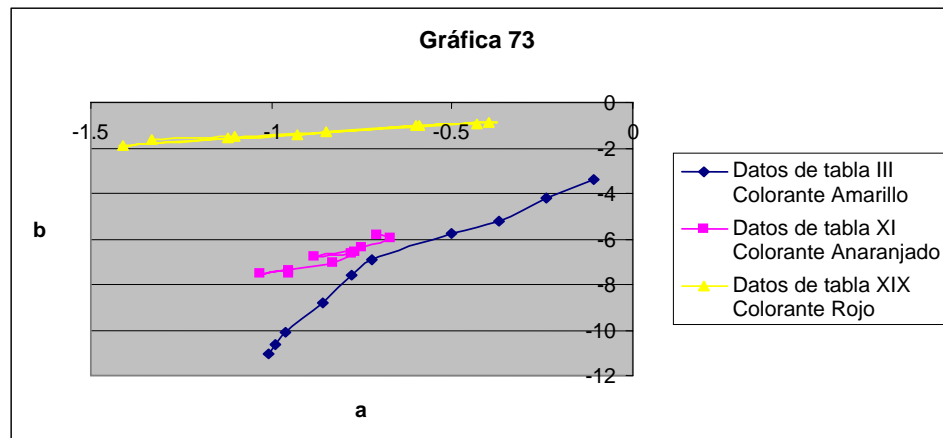
Gráfica 71. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla uno usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



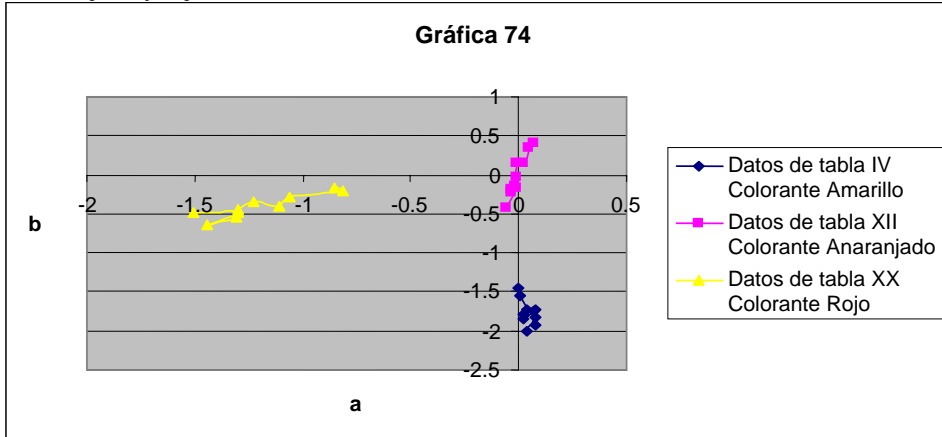
Gráfica 72. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla dos usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



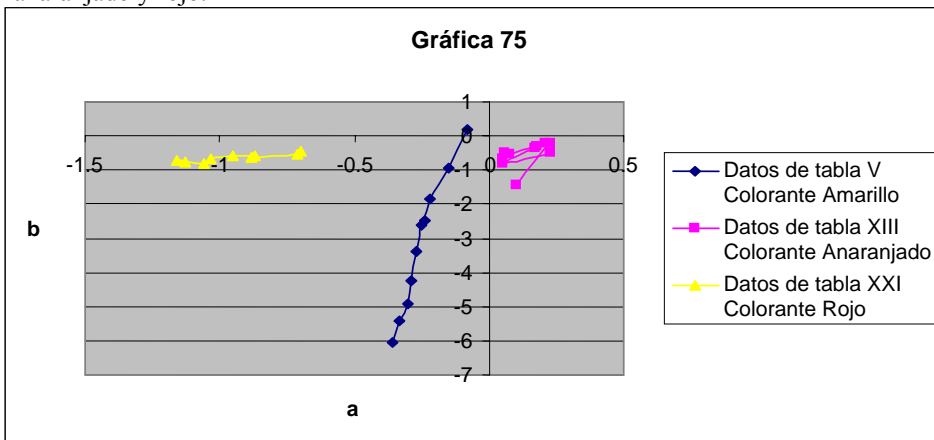
Gráfica 73. Comparación entre los datos de lbv a la mezcla tres usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



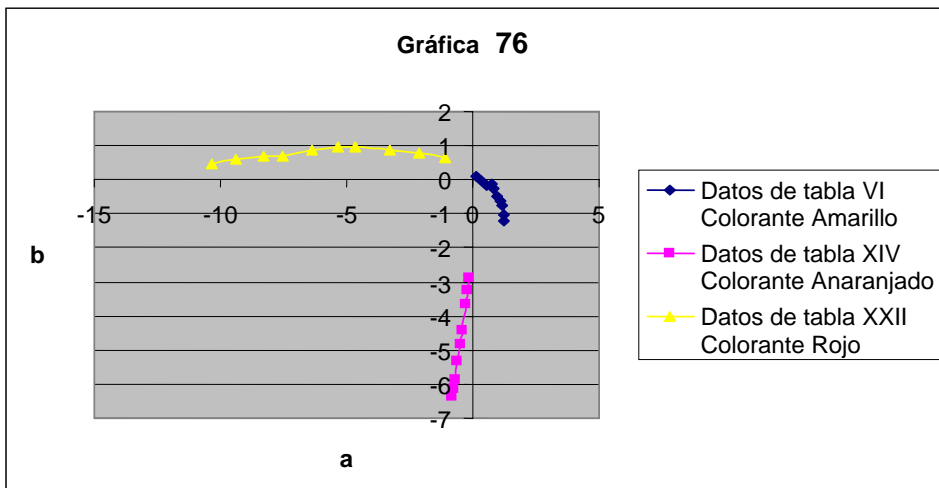
Gráfica 74. Comparación entre los datos de lvy a la mezcla cuatro usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



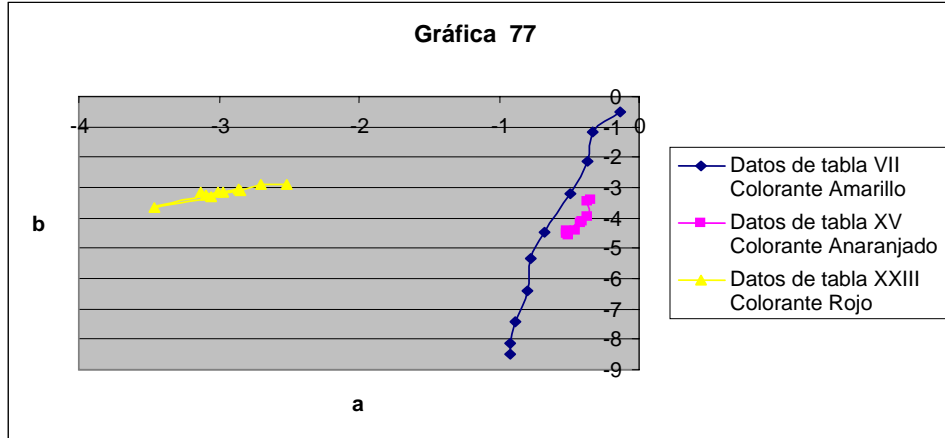
Gráfica 75. Comparación entre los datos de luv a la mezcla uno usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



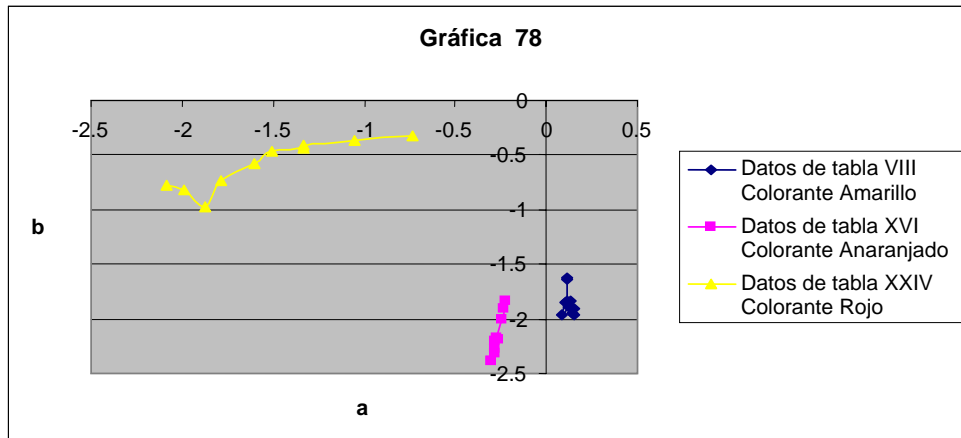
Gráfica 76. Comparación de los datos de luv a la mezcla dos usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



Gráfica 77. Comparación de los datos de luv a la mezcla tres usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



Gráfica 78. Comparación de los datos de luv a la mezcla cuatro usando colorante amarillo, anaranjado y rojo.



8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las Tablas I y V representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.01% de colorante amarillo (mezcla uno), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 11 y 15.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 64.79$ indica que es una muestra clara, valor positivo y esta arriba de la mitad de la escala de luminosidad.

$a^* = 7.2$ dato positivo indica una tendencia leve roja

$b^* = 71.01$ dato positivo indica una tendencia predominantemente amarilla.

Se puede decir que la muestra estándar es una muestra clara, con leve tendencia al color rojo y tiene una tendencia predominantemente amarilla. Esto nos indica que la muestra esta en la región amarilla del lado derecho de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$). Ahora bien observando la gráfica 11, se puede ver que a medida transcurre el tiempo de exposición los datos se van alejando del punto central que es representado por la muestra estándar, hasta el punto de salir del área de aceptación, aumentándose así su tendencia al color azul, esto indica que todo el color amarillo es absorbido, reflejando el color opuesto.

En cambio en la gráfica 15, se puede observar que se forma una recta muy parecida a la de la gráfica 11 solamente que esta desplazada ligeramente hacia la izquierda, también observando la gráfica 15 podemos ver que los puntos se alejan de manera mas espaciada que en la gráfica 11. Al observar los datos de la Tabla I (sección de resultados) proporcionados por el espectrofotómetro durante los 10 días de exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, obtenemos 10 datos de DL^* cuyos 9 datos del 1 al 9 son negativos, esto indica que la muestra empezó a oscurecerse y por ultimo en el dato 10 se aclaro ligeramente. Los datos Da^* y Db^* tienen un comportamiento lineal cuyos datos van del primer dato $Da^* = -0.51$, $Db^* = 0.95$ al décimo $Da^* = -0.51$, $Db^* = -5.57$, estos datos generan una recta y nos indica que la muestra es:

DL^* es una muestra ligeramente oscura (dato negativo)

Da^* es una muestra con tendencia verde (dato negativo)

Db^* es una muestra que inicia una tendencia amarilla por ser valor positiva y luego pasa a tener tendencia predominantemente azul (dato negativo).

Indicando que la muestra es ligeramente más oscura que la muestra estándar, con leve tendencia verde y tendencia inicial amarilla pasando luego a una tendencia predominantemente azul. Por lo que se puede decir que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la gráfica (a^* , b^*) de donde se encuentra la muestra estándar.

Pero si observamos los datos de la tabla V (sección de resultados), hay una diferencia con respecto a los datos de la tabla I, en que los datos DL^* son todos

positivos, indicando que es una muestra clara. Los datos de Da^* y Db^* presentan un comportamiento lineal, cuyos datos van del primero $Da^* = -0.08$, $Db^* = 0.19$ al décimo $Da^* = -0.36$, $Db^* = -6.04$, estos datos nos muestra que:

DL^* es una muestra clara (datos positivos)

Da^* es una muestra con tendencia leve verde (datos negativos)

Db^* es una muestra con tendencia predominantemente azul (dato negativo).

Esto indica que la muestra es clara igual que la muestra estándar, con leve tendencia verde y tendencia inicial amarilla y luego con tendencia predominantemente azul. Ahora bien si comparamos las gráficas obtenidas de la tabla I y V (mezcla uno expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV respectivamente), en una sola grafica (gráfica 35, ver sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla uno es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas II y VI representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.001% de colorante amarillo (mezcla dos), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráfica 12 y 16.

Los valores en las coordenadas colorimetricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 69.62$ muestra clara dato arriba de la mitad de la escala de luminosidad.

$a^* = -6.31$ muestra con tendencia verde (dato negativo)

$b^* = 43.82$ muestra con tendencia amarilla predominante (dato positivo).

Estas coordenadas nos indican que la muestra estándar es clara con tendencia leve de color verde y una tendencia predominantemente amarilla. Esto nos indica que la muestra esta en la región amarilla izquierda de la gráfica ($+b^*$, $-a^*$).

En la gráfica 12, se puede observar que todos los puntos se encuentran concentrados en el centro de la gráfica, pero que realmente presentan una comportamiento errático si observamos los datos de la tabla II, pero siempre encontrándose en el área de aceptación y cerca de la muestra estándar. En la gráfica 16, se puede observar que los datos inician en el área amarilla, desplazándose gradualmente al área roja, formando una curva la cual tocan el borde del área azul, encontrándose todos los datos en el área de aceptación.

Al observar los datos de la Tabla II proporcionados por el espectrofotómetro durante los 10 días de exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL^* son datos positivos indicando una muestra clara a medida que pasa el tiempo de exposición a la radiación, el dato de DL^* varia, aumentando o disminuyendo su valor o luminosidad. Los datos Da^* y Db^* no presentan un comportamiento lineal ya que sus datos aumentan o disminuyen a medida que pasa el tiempo de exposición, también se puede observar que todos los datos de DE_{cmc} están por debajo de los límites de tolerancia, por lo que estos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo tanto los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

- DL* muestra clara, datos positivos
- Da* muestra con leve tendencia roja, datos positivos
- Db* muestra iniciando con tendencia amarilla (los dos primeros datos), luego con luego los demás datos son negativos indicando una tendencia leve azul.

Todos los datos están adentro del área de aceptación y muy cerca entre si pero desplazados a la derecha de la muestra estándar. Por lo que la muestra es clara, con leve tendencia roja y tendencia inicial amarilla y luego con tendencia leve azul. Esto indica que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la grafica (+a*, -b*) de donde se encuentra la muestra estándar.

Los datos de la tabla VI proporcionados por el espectrofotómetro durante los diez días de exposición a la radicación electromagnética de luz ultravioleta, tienen un comportamiento diferente a los datos de la tabla II porque los datos DL* tienen un comportamiento casi lineal ya que a medida transcurre el tiempo de exposición tiene un leve aumento en sus datos, también hay que tomar en cuenta que todos los datos son negativos, esto indica una muestra oscura. Los datos Da* tienen una tendencia lineal ya que va aumentando su valor a medida que va pasando el tiempo de exposición. Los datos Db* se pueden observar que el primer dato es positivo y los restantes nueve datos son negativos teniendo un comportamiento casi lineal ya va en aumento su valor, por lo que el primer dato va $Da^* = 0.15$, $Db^* = 0.1$ al décimo $Da^* = 1.26$, $Db^* = -1.21$. También se puede observar que todos los datos DEcmc están por debajo de los límites de tolerancia por lo que todos los datos están adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

- DL* muestra oscura, datos negativos
- Da* muestra con tendencia leve roja, datos positivos
- Db* muestra iniciando una tendencia amarilla y luego pasa a tener una tendencia leve azul. En resumen, que la muestra evaluada es leve oscura, con tendencia rojo, leve tendencia azul.

Dichas coordenadas indican que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la gráfica (+a*, -b*) de donde se encuentra la muestra estándar. Al comparar las gráficas obtenidas de las tablas II y VI (mezcla dos expuestas a la radiación electromagnética de LBV y LUV respectivamente), en una sola gráfica (ver gráfica 36, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla 2 es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas III y VII representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.01% de colorante amarillo con 0.01% de inhibidor ultravioleta (mezcla tres), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráfica 13 y 17.

Los valores en las coordenadas colorimétricas L*a*b* que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 63.14$ muestra clara, dato arriba de la escala de luminosidad
 $a^* = 7.49$ tendencia leve roja, datos positivo
 $b^* = 73.08$ tendencia predominantemente amarillo, datos positivos por lo que se puede decir que la muestra estándar es clara, con tendencia leve tendencia roja y tendencia predominantemente amarilla.

Esto indica que la muestra esta en la región amarilla derecha de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$).

En la gráfica 13 se puede observar que todos los datos están afuera del área de aceptación, en una forma lineal y en el área azul de la misma.

En la gráfica 17 se puede observar que los tres primeros datos se encuentran en el área de aceptación luego los siete datos restantes salen de dicha área siempre formando una recta, manteniéndose en el área azul de la gráfica.

Ahora observando los datos de la tabla III proporcionados por el espectrofotómetro durante los diez días de exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible. Los datos DL^* son negativos indicando una muestra oscura, de igual manera los datos Da^* y Db^* son negativos pero presentan un comportamiento lineal ya que su valor va aumentando a medida transcurre el tiempo de exposición donde el primer valor va de $Da^* = -0.11$, $Db^* = -3.37$ al décimo $Da^* = -1.01$, $Db^* = -11.04$, también se puede observar que todos los datos DE_{cmc} están arriba de los límites de

tolerancia, esto significa que se encuentran afuera del área de aceptación. Por tanto los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra oscura, datos negativos

Da^* muestra con tendencia leve verde, datos negativos

Db^* muestra con tendencia predominante azul, datos negativos.

En resumen la muestra es oscura, con leve tendencia verde y con tendencia predominantemente azul, esto es debido a su degradación o pérdida de color amarillo. Indicándonos que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la grafica ($-a^*$, $-b^*$) de donde se encuentra la muestra estándar.

Los datos de la Tabla VII proporcionados por el espectrofotómetro durante los días de estudio a la exposición de radiación electromagnética de luz ultravioleta, donde los datos DL^* son positivos por lo que indica que la muestra es clara, de igual manera que los datos de la tabla III tienen un comportamiento lineal y todos los datos son negativos, el primer dato va de $Da^* = -0.14$, $Db^* = -0.51$ al décimo $Da^* = -0.92$, $Db^* = -8.48$, se puede observar que los tres primeros datos son menores a los límites de tolerancia por lo que se encuentran adentro del área de aceptación y los demás datos son mayores a los límites de tolerancia encontrándose afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra clara, datos positivos

Da^* muestra con tendencia leve verde, datos negativos

Db* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo.

Indicando que la muestra es clara, con tendencia leve a verde y tendencia predominantemente azul, debido a su degradación o pérdida de color amarillo. Esto indica que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la grafica (-a*, -b*) de donde se encuentra la muestra estándar. Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas III y VII (mezcla tres expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola grafica (gráfica 37, ver sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla tres es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible.

Las tablas IV y VIII representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.001% de colorante amarillo con 0.01% de inhibidor ultravioleta (mezcla cuatro), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 14 y 18.

Los valores en las coordenadas colorimétricas L*a*b* que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

L* = 68.47 muestra claro, dato positivo

a * = -6.16 muestra con tendencia leve verde, dato negativo

b * = 47.33 muestra con tendencia predominantemente amarilla, dato

positivo.

Dichas coordenadas nos indican que la muestra estándar es clara, con tendencia leve verde y tendencia predominantemente amarilla.

Estas coordenadas indican que la muestra se encuentra en la región amarilla izquierda de la grafica (+b*, -a*).

En la gráfica 14 se puede observar que todos los datos están desplazados del centro de la gráfica que representa el estándar, siempre en el área azul y adentro del área de aceptación.

En la gráfica 18 se observa que presenta el mismo comportamiento que los datos de la tabla IV pero con un ligero desplazamiento a la derecha, en el área azul de la gráfica y siempre adentro del área de aceptación. Indicando que todo el color amarillo es absorbido, reflejando el color opuesto.

Los datos de la tabla IV proporcionados por el espectrofotómetro durante los días de exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL* son positivos indicando una muestra clara, aumentando o disminuyendo su luminosidad, los datos Da* y Db* presentan un comportamiento irregular donde aumenta o disminuye su valor, los datos Da* son positivos y los valores Db* son negativos, también se puede observar que todos los valores DEcmc son menores a los límites de

tolerancia por lo que todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación. Por tanto los datos DL^* , Da^* y Db^* nos muestran que:

DL^* muestra clara, datos positivos

Da^* muestra con tendencia leve roja, datos positivos

Db^* muestra con tendencia predominantemente azul, datos negativos.

Dichos datos indican que la muestra es clara, con tendencia leve roja y tendencia predominantemente azul, debido a su degradación o pérdida de color amarillo. Indicando que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la grafica ($+a^*$, $-b^*$) de donde se encuentra la muestra estándar.

Los datos de la tabla VIII son los proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL^* son positivos por lo que indican una muestra clara, de igual manera que los datos de la tabla IV los datos Da^* y Db^* tienen un comportamiento irregular, solamente que estos están desplazados ligeramente hacia la derecha de la gráfica, los datos Da^* son positivos y los datos Db^* son negativos, también los valores de DE_{cmc} son menores a los valores de límites de tolerancia por lo que todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos muestran que:

DL^* muestra clara, datos positivos

Da^* muestra con tendencia leve roja, datos positivos

Db* muestra con tendencia predominantemente azul, datos negativos.

Por lo tanto se puede decir que la muestra es clara, con tendencia leve roja y tendencia predominantemente azul, debido a su degradación o pérdida de color amarillo. Por lo que se puede indicar que la muestra esta perdiendo su coloración amarilla original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, pasando al lado contrario de la gráfica (+a*, -b*) de donde se encuentra la muestra estándar.

Si comparamos las graficas obtenidas de las tablas IV y VIII (mezcla cuatro expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola grafica (ver gráfica 38, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla cuatro es muy similar al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta, pero la muestra expuesta a la LUV es mas roja que la muestra expuesta a la LBV, por lo que se puede decir que la LUV degrada levemente mas el color.

Las tablas IX y XIII representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.01% de colorante anaranjado (mezcla uno), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 19 y 23.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 56.72$ muestra levemente clara, dato positivo

$a^* = 26.46$ muestra con tendencia moderada a roja, dato positivo

$b^* = 67.76$ muestra con tendencia predominantemente amarilla, dato positivo.

Por lo que estas coordenadas valores indican que la muestra estándar es clara, con tendencia moderada a roja y tendencia predominantemente amarilla. Localizando la muestra en la región límite amarilla con un desplazamiento hacia la región roja de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$).

La gráfica 19 se puede observar que todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación y en el área amarilla de la gráfica. En cambio en la gráfica 23 todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación pero en el área azul de la gráfica.

Los datos de la tabla IX son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL^* son datos negativos indicando una muestra oscura, los datos Da^* y Db^* son positivos y tienen un comportamiento errático ya que aumentan o disminuyen su valor a medida que pasa el tiempo de exposición. Todos los datos de DE_{cmc} son menores a los valores de límite de tolerancia por lo que estos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL* una muestra oscura, dato negativo

Da* muestra tendencia moderada rojo, dato positivo

Db* muestra con tendencia predominantemente amarillo, dato positivo.

Por lo tanto se puede decir que la muestra es oscura, con tendencia moderada al color rojo y tendencia predominantemente amarillo. Por lo que se puede indicar que la muestra es mas anaranjada que la muestra original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, los datos se encuentra en la misma región de la gráfica que la muestra estándar (+a*, +b*).

En cambio en la tabla XIII son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos negativos indicando una muestra oscura, con diferencia a los datos de la tabla IX, los datos Db* son negativos, los datos de Da* y Db* tienen un comportamiento irregular, los valores de DEcmc son menores a los límites de tolerancia por lo todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra oscura, dato negativo

Da* muestra tendencia moderado rojo, dato positivo

Db* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo.

Esto indica que la muestra es oscura, con tendencia moderada roja y tendencia predominantemente azul. Por lo que se puede decir que la muestra es mas roja y menos

amarilla que la muestra original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, los datos se encuentra en la misma región de la grafica que la muestra estándar (+a*, -b*).

Si comparamos las graficas obtenidas de las tablas IX y XIII (mezcla uno expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola grafica (gráfica 39, ver sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla uno es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas X y XIV representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.001% de colorante anaranjado (mezcla dos), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 20 y 24.

Los valores en las coordenadas colorimetricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 64.76$ muestra clara, dato positivo

$a^* = 10.46$ muestra tendencia moderada roja, dato positivo

$b^* = 49.81$ muestra tendencia predominantemente amarilla, dato positivo.

Por lo tanto se puede decir que la muestra estándar es clara, con tendencia moderada a roja y tendencia predominantemente amarilla. Esto nos indica que la muestra esta en la región límite amarilla desplazado hacia la región roja de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$).

En la gráfica 20 se pueden observar que todos los datos se encuentran en el borde del área azul de la gráfica y en límite del área de aceptación. La gráfica 24 se puede observar que todos los datos se encuentran en forma lineal y todos los datos están afuera del área de aceptación y en el área azul de la gráfica.

Los datos que proporciona la tabla X son los datos expuestos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL^* son negativos indicando una muestra oscura, los datos Da^* y Db^* de igual manera son negativos, tienen un comportamiento irregular, ya que aumentan o disminuyen a medida que pasa el tiempo de exposición. Los valores de DE_{cmc} son mayores a los valores de límite de tolerancia esto nos indica que los datos se encuentran afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra oscura, dato negativo

Da^* muestra con tendencia moderado verde, dato negativo

Db^* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo

Indicando que la muestra es oscura, con tendencia moderada verde y tendencia predominantemente azul. Por lo que se puede decir que la muestra es menos roja y menos amarilla que la muestra original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya

que los datos se alejan de la muestra estándar, los datos se encuentra en la misma región de la grafica que la muestra estándar (-a*, -b*).

Los datos de la tabla XIV son los proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos negativos indicando una muestra oscura, los datos Da* y Db* todos negativos, con un comportamiento lineal en el cual van del primer dato Da* = -0.14, DB* 0 -2.9 al décimo Da* = -0.8, Db* = -6.37, los datos DEcmc son mayores a los limites de tolerancia por lo que nos indica que todos los datos se encuentran afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra oscura, dato negativo

Da* muestra con tendencia moderado a verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo.

Por lo que se puede decir que la muestra es oscura, con tendencia moderada verde y tendencia predominantemente azul. Por lo tanto se puede decir que la muestra es menos roja y menos amarilla que la muestra original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, los datos se encuentra en la región contraria de la grafica de donde se encuentra la muestra estándar (-a*, -b*).

Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas X y XIV (mezcla dos expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica

(gráfica 40, ver sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla dos es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas XI y XV representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.01% de colorante anaranjado con 0.01% de inhibidor ultravioleta (mezcla tres), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 21 y 25.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 54.82$ muestra levemente clara

$a^* = 27.62$ muestra con tendencia moderado roja

$b^* = 69.6$ muestra con tendencia predominantemente amarilla,
dato positivo.

Por lo que dichas coordenadas nos indican que la muestra estándar es clara, con tendencia moderada a roja y tendencia predominantemente amarilla. Esto nos dice que la muestra está en la región límite amarilla desplazado hacia la región roja de la gráfica $(+b^*, +a^*)$.

En la gráfica 21 se puede observar que todos los datos se encuentran afuera del área de aceptación y en el área azul de la gráfica. De igual manera la gráfica 25 se

encuentra todos los datos afuera del área de aceptación y en el área azul de la gráfica, pero estos datos están más cerca del área de aceptación que los datos de la gráfica 21.

Los datos de la tabla XI son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los datos Da* y Db* son datos negativos en el cual tienen un comportamiento irregular ya que aumentan o disminuyen su valor a medida que pasa el tiempo de exposición, los valores de DEcmc son mayores a los límites de tolerancia por lo que nos indica que todos los datos se encuentran afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra clara, dato positivo

Da* muestra con leve tendencia verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo

Por lo tanto se puede decir que la muestra es clara, con tendencia leve verde y tendencia predominantemente azul. Esto nos indica que la muestra es menos roja y menos amarilla que la muestra original a medida que pasa el tiempo de exposición, ya que los datos se alejan de la muestra estándar, los datos se encuentran en la posición contraria a la región de la gráfica de donde se encuentra la muestra estándar (-a*, -b*).

La tabla XV son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los datos Da* y Db* son datos negativos teniendo un comportamiento irregular, todos los datos DEcmc son mayores a los límites de tolerancia por lo que se

encuentran afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos muestran que:

DL^* muestra clara, dato negativo

Da^* muestra leve tendencia verde, dato negativo

Db^* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo.

Dicha información indica que la muestra es clara, con leve tendencia verde y tendencia predominantemente azul, queriendo decir que es menos roja y menos amarilla, los datos se encuentra en la región contraria de la gráfica de donde se encuentra la muestra estándar ($-a^*$, $-b^*$). Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas XI y XV (mezcla tres, expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica (ver gráfica 41, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla tres es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible.

Las tablas XII y XVI representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.001% de colorante amarillo con 0.01% de inhibidor ultravioleta (mezcla cuatro), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 22 y 26.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 63.38$ muestra clara, dato positivo

$a^* = 10.73$ muestra con tendencia moderado rojo, dato positivo

$b^* = 49.6$ muestra con tendencia predominantemente amarilla, dato positivo.

Estas coordenadas indican que la muestra estándar es una muestra clara, con tendencia moderada roja y tendencia predominantemente amarilla. Por lo que dichas coordenadas nos indica que la muestra esta en la región limite amarilla desplazado hacia la región roja de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$).

En la gráfica 22 se puede observar que todos los datos están adentro del área de aceptación que van del área amarilla al área azul de la grafica. En la gráfica 26 todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación y en el área azul de la misma.

Los datos de la tabla XII son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL^* son datos negativos indicando una muestra oscura, los datos Da^* cuyos tres primeros datos son positivos y los restantes siete datos son negativos, los datos Db^* tienen los cuatro primeros datos positivos y los siguientes seis datos son negativos su comportamiento es irregular, los datos DE_{cmc} son menores a los limites de tolerancia por lo que se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra oscura, dato negativo

Da^* muestra que inicia con tendencia leve roja y luego pasa a

tener una tendencia leve verde, dato positivo/negativo
Db* muestra que inicia con tendencia leve amarilla y luego pasa a tener una tendencia leve azul, dato positivo/negativo.

Dicha información indica que la muestra es clara, con tendencia leve verde y tendencia leve azul. Los datos se encuentra entre dos regiones de la gráfica (+b, +a y luego pasa a la región -b, -a).

La tabla XVI nos proporciona los datos por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los datos Da* y Db* son datos negativos y tienen un comportamiento irregular, los datos DEcmc son menores a los límites de tolerancia por lo que los datos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos muestran que:

DL* muestra clara, dato positivo

Da* muestra con tendencia leve verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia moderada azul, dato negativo

Por lo que se puede decir que la muestra es clara, con tendencia leve a verde y tendencia moderado azul, los datos se encuentra en la región contraria de la gráfica de donde se encuentra la muestra estándar (-a*, -b*).

Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas XII y XVI (mezcla cuatro expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica (ver gráfica 42, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla cuatro es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas XVII y XXI representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.01% de colorante rojo (mezcla uno), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 27 y 31.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 25.93$ muestra oscura

$a^* = 34.7$ muestra con tendencia predominantemente roja

$b^* = 18.06$ muestra con tendencia moderado amarilla.

Estas coordenadas no indican que la muestra estándar es una muestra levemente clara u oscura, con tendencia moderada a rojo y con tendencia predominantemente amarilla. Por lo que la muestra esta en la región roja de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$).

La gráfica 27 se puede observar que cinco datos se encuentran adentro del área de aceptación y cinco de ellos afuera del área de aceptación y todos los datos se

encuentran en el área amarilla de la gráfica. En cambio en la gráfica 31 todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación y en el área verde de esta.

Los datos de la tabla XVII son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL* son datos negativos indicando una muestra oscura, los datos Da* y Db* son datos positivos, tienen un comportamiento casi lineal y los datos van disminuyendo a medida que pasa el tiempo de exposición, los datos DEcmc los primeros datos son mayores a los límites de tolerancia por lo que se encuentran afuera del área de aceptación, los restantes seis se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra oscura, dato negativo

Da* muestra con tendencia leve a roja, dato positivo

Db* muestra con tendencia leve amarillo, dato positivo.

Indicando que la muestra es oscura, con tendencia leve roja y con tendencia leve amarilla, los datos se encuentran en la región de la gráfica de donde se encuentra la muestra estándar, pero en el área amarilla y no en el área roja (+b*, +a*).

La tabla XXI nos proporciona los datos por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los datos Da* y Db* son datos negativos, tienen un comportamiento irregular ya que aumentan o disminuyen a medida que pasa el tiempo de exposición, los datos DEcmc están por debajo de los límites de tolerancia por lo que se todos los datos

se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que dichos datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra clara, dato positivo

Da^* muestra con tendencia leve verde, dato negativo

Db^* muestra con tendencia leve azul, dato negativo.

Esto nos dice que la muestra es clara, con tendencia leve a verde y con tendencia leve azul, los datos se encuentra en la región contraria de la gráfica de donde se encuentra la muestra estándar, $(-b^*, -a^*)$.

Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas XVII y XXI (mezcla uno expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica (ver gráfica 43, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla uno es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas XVIII y XXII representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.001% de colorante amarillo (mezcla dos), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 28 y 32.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 47.97$ muestra oscura

$a^* = 39.4$ muestra con tendencia predominantemente roja

$b^* = 14.24$ muestra con tendencia moderada amarilla.

Dichas coordenadas indican que la muestra estándar es una muestra oscura, con tendencia moderada a amarilla y tendencia predominantemente roja. Por lo cual sabemos que la muestra esta en la región roja de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$).

En la gráfica 28 se pueden observar que todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación y conglomerados en el área verde de la misma. La gráfica 32 se puede observar que forma una curva en la cual solamente un dato se encuentra en área de aceptación y todos los datos se alejan del centro en el área verde de la gráfica.

Los datos de la tabla XVIII son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos de DL^* son datos negativos indicando una muestra oscura, que a medida que pasa el tiempo de exposición aumenta o disminuye el valor de DL^* o su luminosidad, los datos Da^* son datos negativos con comportamiento irregular, aumentando o disminuyendo su valor a medida que pasa el tiempo de exposición, los datos de Db^* son datos positivos y de igual manera que los datos de Da^* tienen un comportamiento irregular, los datos DE_{cmc} están por debajo de los límites de tolerancia por lo que estos están adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra oscura, dato negativo

Da^* muestra con tendencia leve verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia leve amarillo, dato positivo.

Por lo que se puede decir que la muestra es oscura, con tendencia leve a verde y con tendencia leve amarillo, esto nos indica que la muestra esta en la región verde de la gráfica (+b*, -a*).

La tabla XXII son los datos proporcionados por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son negativos los dos primeros datos, los restante ocho son positivos, estos aumentan o disminuyen su valor a medida pasa el tiempo de exposición, los datos Da* son datos negativos aumentando su valor a medida que pasa el tiempo de exposición de forma casi lineal, los datos Db* son datos positivos, aumenta y luego van disminuyendo su valor a medida que pasa el tiempo de exposición en una forma casi lineal, por lo van del primer dato Da* = -1.08, Db* = 0.63 al décimo Da* = -10.31, Db* = 0.47 se puede decir que la recta forma una parábola, los datos DEcmc, el primer dato es menor a los limites de tolerancia por lo que se encuentra adentro del área de aceptación, en cambio los nueve restantes son mayores a estos limites por lo que se encuentran afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra inicialmente oscura y luego clara, dato negativo/dato positivo

Da* muestra con tendencia predominantemente verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia leve amarillo, dato positivo.

Por lo que dichas coordenadas indican que la muestra es clara, con tendencia leve amarilla y una tendencia predominantemente amarilla, esto nos indica que la muestra esta en la región verde de la gráfica (+b*, -a*). Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas XVIII y XXII (mezcla dos expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica (ver gráfica 44, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla dos es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas XIX y XXIII representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.01% de colorante anaranjado con 0.01% de inhibidor ultravioleta (mezcla tres), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 29 y 33.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 25.71$ muestra oscura

$a^* = 37.26$ muestra con tendencia predominantemente roja,
dato positivo

$b^* = 20.24$ muestra con dato tendencia amarilla, dato
positivo.

Indicando que la muestra estándar es una muestra oscura, con tendencia amarilla y tendencia roja. Esto nos indica que la muestra esta en la región roja de la gráfica (+b*, +a*).

En la gráfica 29 se puede observar que todos los datos están saliendo del área de aceptación y se encuentran en el área azul de la gráfica. En cambio la gráfica 33 todos los datos se encuentran afuera del área de aceptación y en el área azul.

Los datos de la tabla XIX nos proporciona los datos expuestos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los datos Da* y Db* son datos negativos con comportamiento irregular, donde aumentan o disminuyen su valor a medida que pasa el tiempo de exposición, los valores de DEcmc son datos mayores a los límites de tolerancia esto nos muestra que todos los datos se encuentra afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra clara, dato positivo

Da* muestra con tendencia moderado verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia predominantemente azul, dato negativo.

Esto indica que la muestra es clara, con tendencia moderada a verde y tendencia predominantemente azul, esto nos indica que la muestra esta en la región azul de la gráfica (-b*, -a*).

La tabla XXIII nos proporciona los datos expuestos a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los valores Da* y Db* son datos negativos, con comportamiento irregular, los valores de DEcmc son mayores a los límites de tolerancia por lo que los datos se encuentran afuera del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra clara, dato positivo

Da* muestra con tendencia verde, dato negativo

Db* muestra con tendencia azul, dato negativo

Por lo que se puede decir que la muestra es clara, con tendencia verde y tendencia azul en una proporción casi muy parecida, por lo que se encuentra en el límite de las dos regiones (-b, -a). Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas XIX y XXIII (mezcla tres expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica (ver gráfica 45, sección de Resultados), podemos notar que la degradación de la mezcla tres es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Las tablas XX y XXIV representan los datos obtenidos de la exposición a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta respectivamente a la mezcla de parafina con 0.001% de colorante amarillo con 0.01% de inhibidor ultravioleta (mezcla cuatro), tomados a lo largo de los 10 días de exposición, por el HunterLab Scan XE, generando las gráficas 30 y 34.

Los valores en las coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ que proporciona el espectrofotómetro acerca de la muestra estándar son:

$L^* = 44.78$ muestra oscura

$a^* = 39.57$ muestra con tendencia predominantemente roja, dato positivo

$b^* = 14.62$ muestra con tendencia amarilla, dato positivo.

La muestra estándar es una muestra oscura, con tendencia amarilla y tendencia predominantemente roja. Esto nos indica que la muestra está en la región roja de la gráfica ($+b^*$, $+a^*$). En la gráfica 30 se puede observar que todos los datos están adentro del área de aceptación y se encuentran en el área verde de la gráfica. En la gráfica 34 todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación y en el área verde de la misma.

Los datos de la tabla XX nos proporciona los datos expuestos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, los datos DL^* son datos positivos indicando una muestra clara, los Da^* y Db^* son datos negativos y un comportamiento casi lineal, donde el primer dato va $Da^* = -0.85$, $Db^* = -0.17$ al décimo $Da^* = -1.51$, $Db^* = -0.49$, los datos DE_{cmc} son menores a los límites de tolerancia, por lo que todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL^* , Da^* y Db^* nos indican que:

DL^* muestra clara, dato positivo

Da^* muestra con tendencia predominantemente verde, dato

negativo

Db* muestra con tendencia leve azul, dato negativo

La muestra es clara, con tendencia leve azul y tendencia predominantemente verde, esto nos indica que la muestra esta en la región verde de la gráfica (-b*, -a*).

La tabla XXIV nos proporciona los datos expuestos a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, los datos DL* son datos positivos indicando una muestra clara, los datos Da* y Db* son datos negativos con un comportamiento casi lineal por lo que van del primer dato Da* = -0.73, Db* = -0.33 al décimo Da* = -2.09, Db* = -0.77, los datos DEcmc son menores a los límites de tolerancia por lo que todos los datos se encuentran adentro del área de aceptación. Por lo que los datos DL*, Da* y Db* nos indican que:

DL* muestra clara, dato positivo

Da* muestra con tendencia predominantemente verde, dato
negativo

Db* muestra con tendencia leve azul, dato negativo

Por lo que se puede decir que la muestra es clara, con tendencia leve al color azul y tendencia predominantemente verde, esto nos indica que la muestra esta en la región verde de la gráfica (-b*, -a*). Si comparamos las gráficas obtenidas de las tablas XX y XXIV (mezcla cuatro expuesta a las radiaciones electromagnéticas de LBV y LUV), en una sola gráfica (ver gráfica 46, sección de Resultados), podemos notar que la

degradación de la mezcla cuatro es mayor al ser expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Ahora bien comparando los resultados obtenidos por la exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible para el colorante amarillo para las mezclas uno y tres que corresponde a las tablas I y III y a las gráficas 11 y 13 (sección de resultados) podemos ver que:

Colorante: Amarillo

Datos de Muestra Estándar:	L*	a*	b*
Mezcla 1	64.79	7.2	71.01
Mezcla 3	63.14	7.49	73.08

Estos datos indican que la muestra estándar de la muestra tres es mas oscura que la muestra uno, es levemente mas roja y tiene mayor tendencia al color amarillo. Si se observa la gráfica 13 (ver sección de resultados) se puede observar que la muestra tres sufre mayor degradación que la muestra uno.

La mezcla dos y cuatro que corresponden a las tablas II y IV y a las gráficas 12 y 14 (sección de resultados) podemos ver que:

Colorante: Amarillo

Datos de Muestra Estándar:	L*	a*	b*
Mezcla 2	69.62	-6.31	43.82

Mezcla 4	68.47	-6.16	47.33
----------	-------	-------	-------

Las coordenadas indican que la muestra estándar de la muestra cuatro es más oscura que la muestra dos, es menos verde y tiene mayor tendencia al color amarillo. Observando la gráfica 48 (ver sección de resultados), se puede ver que la mayor degradación lo tiene la muestra cuatro.

De igual manera se comparo los resultados obtenidos por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta para el colorante amarillo para las mezclas uno y tres que corresponde a las tablas V y VII y a las gráficas 15 y 17 (sección de resultados), obtenemos la gráfica 15 (sección de resultados), se puede observar que la muestra tres sufre mayor degradación, pero en menor grado que el que sufrió con la radiación de LBV.

El comportamiento que tiene la mezcla dos y cuatro que corresponde a las tablas VI y VIII que pertenecen a las gráficas 16 y 18, unidas dichas rectas forman la gráfica 50 (sección de resultados), en dicha gráfica se puede observa que la muestra cuatro tiene mayor degradación, pero en menor grado que el que sufrió al se expuesta a la radiación de LBV.

El mismo procedimiento se realizo para el colorante anaranjado, para la mezcla uno y tres expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible que corresponde a las tablas IX y XI y a las gráficas 19 y 21 (sección de resultados) podemos ver que:

Colorante: Anaranjado

Datos de Muestra Estándar:	L*	a*	b*
Mezcla 1	56.72	26.46	67.76
Mezcla 3	54.82	27.62	69.6

Donde la muestra estándar de la mezcla tres es más oscura que la muestra de la mezcla uno, es más roja y tiene mayor tendencia amarilla. Observando la gráfica 51 (sección de resultados) se puede ver que la mezcla tres sufre mayor degradación.

Para la mezcla dos y cuatro que corresponde a las tablas X y XII y las gráficas 20 y 22 (sección de resultados) podemos ver que:

Colorante: Anaranjado

Datos de Muestra Estándar:	L*	a*	b*
Mezcla 2	64.76	10.46	49.81
Mezcla 4	63.38	10.73	49.6

Indicando que la mezcla cuatro es más oscura que la mezcla dos, es más roja una tendencia menos amarilla. Al observar la gráfica 52 (sección de resultados) se puede ver que la mezcla dos sufre mayor degradación. Ahora comparando los resultados obtenidos por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta para el colorante anaranjado para las mezclas uno y tres que corresponde a las tablas XIII y XV y las gráficas 23 y 25 (sección de resultados), obtenemos la gráfica 19 (sección de resultados), se puede observar que la muestra tres sufre mayor degradación. El comportamiento que tiene la mezcla dos y cuatro que corresponde a las tablas XIV y XVI y las gráficas 24 y

26 se puede observar la gráfica 54 (sección de resultados), se observa que la muestra dos tiene mayor degradación.

Repitiendo el procedimiento de comparación se realizó para el colorante rojo, para la mezcla uno y tres expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible que corresponde a las tablas XVII y XIX y a las gráficas 27 y 29 (sección de resultados) podemos ver que:

Colorante: Rojo

Datos de Muestra Estándar:	L*	a*	b*
Mezcla 1	25.53	34.7	18.06
Mezcla 3	25.71	37.26	20.24

Donde la muestra estándar de la mezcla tres es levemente mas oscura que la muestra de la mezcla uno, tiene mayor tendencia predominante roja y mayor tendencia amarilla. Observando la gráfica 55 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla tres sufre mayor degradación.

Para la mezcla dos y cuatro que corresponde a las tablas XVIII y XX y a las gráficas 28 y 30 (sección de resultados) podemos ver que:

Colorante: Rojo

Datos de Muestra Estándar:	L*	a*	b*
Mezcla 2	47.97	39.4	14.24

Mezcla 4	44.78	39.57	14.62
----------	-------	-------	-------

Indicando que la mezcla cuatro es más oscura que la mezcla dos, tiene mayor tendencia roja y menos tendencia de amarillo. Al observar la gráfica 56 (sección de resultados) se puede ver que la mezcla cuatro sufre mayor degradación.

Ahora comparando los resultados obtenidos por la exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta para el colorante rojo para las mezclas uno y tres que corresponde a las tablas XXI y XXIII y a las gráficas 32 y 33 (sección de resultados), obtenemos la gráfica 57 (sección de resultados), se puede observar que la muestra tres sufre mayor degradación.

El comportamiento que tiene la mezcla dos y cuatro que corresponde a las tablas XXII y XXIV y a las gráficas 32 y 33 se puede observar la gráfica 58 (sección de resultados), se observa que la muestra dos tiene mayor degradación.

Ahora comparando el comportamiento que presenta la mezcla uno y dos para el colorante amarillo, expuestos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, que corresponde a las tablas I y II y a las gráficas 11 y 12 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 59 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla uno sufre mayor degradación.

De la misma manera se observa el comportamiento que presento la mezclas tres y cuatro para el colorante amarillo, expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca

visible correspondiente a las tablas III y IV y a las gráficas 13 y 14 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 60 (sección de resultados), se observa que la mayor degradación lo sufre la mezcla tres.

Comparando el comportamiento que presenta la mezcla uno y dos para el colorante amarillo, expuestos a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, que corresponde a las tablas V y VI y a las gráficas 15 y 16 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 61 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla uno sufre mayor degradación.

De la misma manera se observa el comportamiento que presento la mezclas tres y cuatro para el colorante amarillo, expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta correspondiente a las tablas VII y VIII y a las gráficas 17 y 18 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 62 (sección de resultados), se observa que la mayor degradación lo sufre la mezcla tres.

Ahora comparando el comportamiento que presenta la mezcla uno y dos para el colorante anaranjado, expuestos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, que corresponde a las tablas IX y X y a las gráficas 19 y 20 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 63 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla dos sufre mayor degradación.

Para las mezclas tres y cuatro para el colorante anaranjado, expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible correspondiente a las tablas XI y XII y

a las gráficas 21 y 22 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 64 (sección de resultados), se observa que la mayor degradación lo sufre la mezcla tres.

Comparando el comportamiento que presenta la mezcla uno y dos para el colorante anaranjado, expuestos a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, que corresponde a las tablas XIII y XIV y a las gráficas 23 y 24 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 65 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla dos sufre mayor degradación.

De la misma manera se observa el comportamiento que presento la mezclas tres y cuatro para el colorante anaranjado, expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta correspondiente a las tablas XV y XVI y a las gráficas 25 y 26 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 66 (sección de resultados), se observa que la mayor degradación lo sufre la mezcla tres.

Comparando el comportamiento que presenta la mezcla uno y dos para el colorante rojo, expuestos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, que corresponde a las tablas XVII y XVIII y a las gráficas 27 y 28 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 67 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla dos sufre mayor degradación.

De la misma manera se observa el comportamiento que presento la mezclas 3 y 4 para el colorante Rojo, expuesta a la radiación electromagnética de Luz Blanca Visible correspondiente a las tablas XIX y XX y a las graficas 29 y 30 (sección de resultados),

obteniendo la grafica 68 (sección de resultados), se observa que la mayor degradación lo sufre la mezcla 3.

Comparando el comportamiento que presenta la mezcla uno y dos para el colorante rojo, expuestos a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, que corresponde a las tablas XXI y XXII y a las gráficas 31 y 32 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 69 (sección de resultados), se puede ver que la mezcla uno sufre mayor degradación.

De la misma manera se observa el comportamiento que presento la mezclas tres y cuatro para el colorante rojo, expuesta a la radiación electromagnética de luz ultravioleta correspondiente a las tablas XXIII y XXIV y a las gráficas 33 y 34 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 70 (sección de resultados), se observa que la mayor degradación lo sufre la mezcla tres.

Por ultimo se realiza la comparación entre los tres colorantes, siempre de la misma mezcla y exponiéndola a la misma radiación electromagnética. Por lo que para la mezcla uno para los colorantes amarillo, anaranjado y rojo, exponiéndola a la radiación electromagnética de luz blanca visible, obtenemos de las tablas I, IX y XVII y las gráficas 11, 19 y 27 (sección de resultados), obteniendo la gráfica 71 (sección de resultados) donde se puede observar que el colorante que sufre mayor degradación es el colorante amarillo, seguido del rojo y por ultimo el anaranjado.

Para la mezcla dos para los tres colorantes, exponiéndolos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, que corresponde a las tablas II, X y XVIII, y las

gráficas 12, 20 y 28 (sección de resultados), se obtiene la gráfica 72 (sección de resultados) se puede notar que el colorante anaranjado sufre mayor degradación, seguido del rojo y por ultimo el amarillo.

La mezcla tres para los tres colorantes, exponiéndolos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, que corresponde a las tablas III, XI y XIX, y las gráficas 13, 21 y 29 (sección de resultados), se obtiene la grafica 73 (sección de resultados) se puede notar que el colorante amarillo sufre mayor degradación, seguido del anaranjado y por ultimo el rojo.

La mezcla cuatro para los tres colorantes, exponiéndolos a la radiación electromagnética de luz blanca visible, que corresponde a las tablas IV, XII y XX, y las gráficas 14, 22 y 30 (sección de resultados), se obtiene la gráfica 74 (sección de resultados) se puede notar que el colorante amarillo sufre mayor degradación, seguido del rojo y por ultimo el anaranjado.

Ahora el mismo procedimiento pero esta vez exponiendo las mezclas a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

La mezcla uno, que corresponde a las tablas V, XIII y XXI y las gráficas 15, 23 y 31 (sección de resultados), se obtiene la gráfica 75, se puede observar que la mayor degradación los sufre el colorante amarillo, seguido por el rojo y por ultimo el anaranjado.

La mezcla dos, que corresponde a las tablas VI, XIV y XXII y las gráficas 16, 24 y 32 (sección de resultados), se obtiene la gráfica 76, se puede observar que la mayor degradación los sufre el colorante anaranjado, seguido por el rojo y por ultimo el amarillo.

La mezcla tres, que corresponde a las tablas VII, XV y XXIII y las gráficas 17, 25 y 33 (sección de resultados), se obtiene la gráfica 77, se puede observar que la mayor degradación los sufre el colorante rojo, seguido por el anaranjado y por ultimo el amarillo.

La mezcla cuatro, que corresponde a las tablas VIII, XVI y XXIV y las gráficas 18, 26 y 34 (sección de resultados), se obtiene la gráfica 78, se puede observar que la mayor degradación los sufre el colorante anaranjado, seguido por el amarillo y por ultimo el rojo.

CONCLUSIONES

1. Las muestras de mezcla de parafina expuestas a la radiación electromagnética de luz ultravioleta, sufre mayor degradación en su coloración, que las muestras que fueron expuestas a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible, en función del tiempo de exposición.
2. Se determinó que para las muestras de mezcla de parafina, la degradación en función de la concentración con o sin inhibidor ultravioleta, expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible, la muestra que contiene inhibidor UV sufre mayor daño en su coloración, de igual manera las muestras que fueron expuestas a las radiaciones electromagnéticas de luz ultravioleta, las muestras con inhibidor UV sufren mayor degradación de color con relación al tiempo de exposición.
3. Se determinó que para las muestras de mezcla de parafina que tenían una menor concentración de colorante, la degradación en función de la concentración con o sin inhibidor UV expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible, las muestras con colorante amarillo y rojo con Inhibidor UV, y la muestra anaranjado sin inhibidor UV, sufren mayor degradación en su color, de igual manera para las muestras expuestas a la luz ultravioleta, las muestras con colorante anaranjado y rojo sin inhibidor UV, y la muestra amarillo con inhibidor UV sufren mayor degradación en su color, con relación al tiempo de exposición.

4. Se determinó que para las muestras de parafina, la degradación en función de la concentración de colorante expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible, las muestras con la menor concentración de colorante anaranjado y rojo, y la muestra con mayor concentración de colorante amarillo, sufren mayor degradación de color. Para las muestras expuestas a la luz ultravioleta, las muestras con menor concentración de colorante amarillo y rojo, y la muestra de mayor concentración de colorante anaranjado, sufren mayor degradación de color con relación al tiempo de exposición.

5. Se determinó que para las muestras de parafina, la degradación en función de la concentración de colorante con inhibidor UV expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta, las muestras con menor concentración de colorante con inhibidor UV sufren mayor degradación de color con relación al tiempo de exposición.

6. Se determinó que para las muestras de parafina, la degradación en función de la concentración de colorante con o sin inhibidor UV, expuesta a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta, para ambas radiaciones la muestra uno el colorante amarillo sufre mayor degradación de color seguido del rojo y anaranjado. De igual manera para la muestra dos el colorante anaranjado sufre mayor degradación de color, seguido del rojo y amarillo. Para la muestra tres expuesta a la luz blanca visible el colorante amarillo sufre mayor degradación de color, seguido del anaranjado y rojo, en cambio, expuesto a la luz ultravioleta el colorante rojo sufre mayor degradación de color, seguido del anaranjado y amarillo. Para la muestra cuatro expuesta a la luz blanca visible el colorante amarillo sufre mayor degradación de color, seguido del rojo y anaranjado, en cambio expuesto a la luz ultravioleta el colorante anaranjado sufre

mayor degradación de color, seguido amarillo y rojo con relación al tiempo de exposición.

7. El Inhibidor Ultravioleta al 0.01% utilizado solo, ofreció leve protección a las muestras que tenían una concentración menor de colorante, que al contrario aumentó su degradación a las muestras con mayor concentración de colorante.

8. Se determinó en el Análisis Estadístico de la Prueba de Hipótesis, que para las muestras de parafina, la degradación en función de la concentración del colorante con o sin inhibidor UV expuesta a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta, para las muestras uno y tres no existe diferencia significativa en la degradación entre colorantes. Mientras que en los demás resultados sí existe diferencia significativa en la degradación entre colorantes. Para las muestras expuestas a la radiación electromagnética de luz blanca visible o luz ultravioleta, sí existe diferencia significativa en la degradación entre colorantes con relación al tiempo de exposición.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario seguir con las pruebas de degradación de color, ampliando la gama de colores y usando diferentes familias, para determinar cuál es más resistente a la degradación por acción de las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta.
2. Es necesario continuar las pruebas de degradación de color, utilizando en la formulación de velas aromáticas, fragancia para determinar si hay influencia en la decoloración de los colorantes.
3. Es necesario hacer un estudio de inhibidores ultravioletas para encontrar la concentración o mezcla necesaria para que preserve el color ante la exposición de las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta.
4. Es necesario continuar el estudio y aprovechamiento del uso del espectrofotómetro como herramienta de trabajo, para agilizar los procesos de ajuste de color.
5. Es necesario promover el uso del espectrofotómetro como herramienta, el cual ayuda a la medición de color en una forma objetiva y analítica.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ATLAS. Material testing solutions. Weathering testing guidebook, Printed in the USA, 2001. 112 p.
2. AYRES, Gilbert H. Análisis químico cuantitativo, 2da. edición, México: Editorial Harla, 1970. 740 p.
3. BALLENTINE, F.A, A.H. Warner. Inhibiting color fading of dyed candles With Cyasorb light absorbers. Cytec's polymer additives, USA: 1998, 16 p.
4. BILLMEYER, Jr, Fred W. Principles of color technology, 2da. Edition, Awiley-interscience publication. Printed in the united state of america: 198, 240 p.
5. BREWSTER, Ray, William E. MacEwen. Química orgánica un curso breve, 8a. impresión, Editorial CECSA, Mexico: 1977.
6. CASE, Alan R. Waxes, USA, 1997.35 p
7. CLARIANT. How do uv-absorbers work. Imprint in Germany: October 1997, 29 p.
8. CLARIANT. What is color?, Imprint in Germany: 1999.
9. DOMÍNGUEZ, Xorge A. Química orgánica. Editorial CECSA, Mexico: 1980. 543p.
10. FRIESER, Louis F. Química orgánica fundamental, Editorial Reverte S.A., Mexico: 1978.

11. HOECHST. Ageing of polymers Under the action of light and oxygen. 8 p.
12. HUNTER LAB. Hunter L,a,b versus CIE 1976 L* a* b*, applications note, Vol. 13, No. 2, Imprint in the USA: February 2001.
13. HUNTER LAB. User`s manual universal software, manual version 1.7. Hunter associates laboratory, Imprint in the USA: august 1998.
14. HUNTER LAB. What is color and how is measured? Applications note, Vol.12, No. 5, Imprint in the USA: may 2000.
15. KEENAN,Charles W y otros. Química general universitaria, 2da. reimpression Editorial CECSA, México: 1987, 937 p.
16. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, colorantes, tomo V, Editorial Unión Tipográfica Hispano- América, México: 1962.
17. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, parafina, tomo XI, Editorial Unión Tipográfica Hispano - América, México: 1962.
18. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, Radiación ultravioleta, absorbentes, tomo XIII, Editorial Unión Tipográfica Hispano – América, México: 1962.
19. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, Radicales libres, tomo VIII, Editorial Unión Tipográfica Hispano – América, México: 1962.
20. MACY, Rodolph. Química orgánica simplificado, 2da. reimpression, Editorial Reverte, Argentina: 1974.

21. McCRAW, Gregory L. Color chemistry and the coloration of candles, Clariant Corporation.
22. NEMA, Sandeep, R.J. Washkuhn. Photostability testing: an overview, Reprinted From pharmaceutical technology. March 1995. 8p.
23. Pequeño, Larousse de ciencias y técnicas, Editorial Larousse, México: 1967. 1062 p.
24. QUIÑONEZ, Sagastume, Gilberto Ulises. Tecnificación de la medición y comparación del color en una fábrica de velas aromáticas. Tesis de Ingeniería Mecánica Industrial. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería.2000, 98 p.
25. RAKOFF, Henry , Norman Rose. Química orgánica fundamental. Editorial Limusa, México: 1978.
26. SMITH, Andi. Ciba specialty chemicals coating effects. Advances in candles Stabilization, imprent in New York: 48 p.

REFERENCIA ELECTRÓNICA

27. www.alaba.es/articulo.htm, octubre 2002.
28. www.espectrofotometros.htm, octubre 2002.
29. www.espectrofotometros1.htm, octubre 2002.
30. www.espectrofotometros3.htm, octubre 2002.
31. <http://gsc.pma-map.com/db/db/help/dbhelp-s/colour-s.html>, noviembre 2002.

BIBLIOGRAFÍA

1. ATLAS. Material testing solutions. Weathering testing guidebook, Printed in the USA, 2001, 112 p.
2. AYRES, Gilbert H. Análisis químico cuantitativo, 2da. edición, México: Editorial Harla, 1970. 740 p.
3. BALLENTINE, F.A, A.H. Warner. Inhibiting color fading of dyed candles With Cyasorb light absorbers. Cytec's polymer additives, USA: 1998, 16 p.
4. BILLMEYER, Jr, Fred W. Principles of color technology, 2da. Edition, Awiley-interscience publication. Printed in the united state of america: 1981, 240 p.
5. BREWSTER, Ray, William E. MacEwen. Química orgánica un curso breve, 8a. impresión, Editorial CECSA, México: 1977.
6. CASE, Alan R. Waxes, USA. 1997. 35 p
7. CLARIANT. How do uv-absorbers work. Imprint in Germany: October 1997. 29 p.
8. CLARIANT. What is color?, Imprint in Germany: 1999.
9. DOMÍNGUEZ, Xorge A. Química orgánica. Editorial CECSA, México: 1980, 543 p.

10. DUNN, H.C. , J.N. Etters. Solar active products that change color on (exposure To uv. Textile chemist & colorist an American dyestuff report.USA)(32): 20.march 2000.
11. ECKHARDT, Claude, Hauke Rohwer. Uv protector for cotton fabrics Textile chemist & colorist an American dyestuff report. (USA)(32): 21.april 2000.
12. FRIESER, Louis F. Química orgánica fundamental, Editorial Reverte S.A., Mexico: 1978.
13. HOECHST. Ageing of polymers Under the action of light and oxygen. 8 p.
14. HUNTER LAB. Hunter L,a,b versus CIE 1976 L* a* b*, applications note, Vol. 13, No. 2, Imprint in the USA: February 2001.
15. HUNTER LAB. User`s manual universal software, manual version 1.7. Hunter associates laboratory, Imprint in the USA: august 1998.
16. HUNTER LAB. What is color and how is measured? Applications note, Vol.12, No. 5, Imprint in the USA: may 2000.
17. KEENAN,Charles W y otros. Química general universitaria, 2da. reimpresión Editorial CECSA, México: 1987. 937 p.
18. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, colorantes, tomo V, Editorial Unión Tipográfica Hispano- América, México: 1962.
19. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, parafina, tomo XI, Editorial Unión Tipográfica Hispano - América, México: 1962.

20. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, Radiación ultravioleta, absorbentes, tomo XIII, Editorial Unión Tipográfica Hispano – América, México: 1962.
21. KIRK, Raymond, Donald Othmer. Enciclopedia tecnológica de química, Radicales libres, tomo VIII, Editorial Unión Tipográfica Hispano – América, México: 1962.
22. MACY, Rodolph. Química orgánica simplificado, 2da. reimpresión, Editorial Reverte, Argentina: 1974.
23. McCRAW, Gregory L. Color chemistry and the coloration of candles, Clariant Corporation .
24. MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y analisis de experimentos. Mexico: Editorial Iberoamericana S.A, 1996. 589 p.
25. NEMA, Sandeep, R.J. Washkuhn. Photostability testing: an overview, Reprinted From pharmaceutical technology. March 1995. 8 p.
26. Pequeño, Larousse de ciencias y técnicas, Editorial Larousse, México: 1967, 1062 p.
27. PERKINS, Warren S. Oxidative decolorization of dyes in aqueous medium Textile chemist & colorist an American dyestuff report. (USA)(1): 33.december 1999.
28. QUIÑONEZ, Sagastume, Gilberto Ulises. Tecnificación de la medición y comparación del color en una fábrica de velas aromáticas. Tesis de Ingeniería Mecánica Industrial. Guatemala, USAC. Facultad de Ingeniería.2000, 98 p.
29. RAKOFF, Henry , Norman Rose. Química orgánica fundamental. Editorial Limusa, México: 1978.

30. SMITH, Andi. Ciba specialty chemicals coating effects. Advances in candles Stabilization, imprent in New York: 48 p.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

31. www.alaba.es/aritculo.htm, octubre 2002
32. www.espectrofotometros.htm, octubre 2002
33. www.espectrofotometros1.htm, octubre 2002
34. www.espectrofotometros3.htm, octubre 2002
35. <http://gsc.pma-map.com/db/db/help/dbhelp-s/colour-s.html>, noviembre 2002

APÉNDICE

APÉNDICE A

RECURSOS DE MATERIALES

Para el estudio de los colorantes se utilizará el laboratorio de Nuevas Tecnologías de una fábrica de velas, por lo cual se hará uso de los siguientes materiales y reactivos:

Mezcla de Velas de parafina

Colorantes de la familia Azo,

EQUIPO

Se utilizó el siguiente equipo:

- Balanza electrónica monoplato analítica marca Sartorius de platillo de acero inoxidable capacidad de 200 gramos y sensibilidad en centésimas de gramo (0.01g).
- Termómetro de mercurio con escala de -10 a 100°C.
- Estufa eléctrica con agitación magnética marca Corning, 25 pulgadas cuadradas de superficie de calentamiento, 120 voltios, 60 Hz., con un rango de velocidad de agitación de 10 a 120 rpm.
- Varilla de Agitación de vidrio

- Espátulas de metal (micro espátula)
- Beacker de 1000 ml de Acero Inoxidable
- Molde de aluminio de 2 ½ X 1 ½ pulgadas

Figura 79. Molde de aluminio de 2 ½ X 1 ½ pulgadas



Fuente: Laboratorio de Nuevas tecnologías, Xanadu Corporation

- Espectrofotómetro Hunter Labscan XE

PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

Cámara de luz ultravioleta (Longitud de Onda 356 nm)

Principio

La prueba de estabilidad a la luz ultravioleta somete la muestra a estudio a una condición severa de radiación UV donde ésta absorbe la luz UV formándose radicales libres, ocasionándose rompimientos de enlaces moleculares, lo cual ocasionan su autooxidación debido a la alta concentración de rayos UV, esta oxidación es mayor a las pruebas de luz blanca visible. Esta prueba se realiza en una cámara que consiste en dos bandejas de 107 X 60.5 cm., una de las bandejas se encuentra en la parte de en medio de la cámara y la segunda en la parte inferior de la misma. La cámara posee cuatro tubos en la parte de arriba y cuatro en la parte de en medio, la distancia entre las lámparas y la primera bandeja es de 34 cm., la distancia entre las lámparas y la bandeja de abajo es de 25 cm.

Figura 80. Cámara de luz ultravioleta



Fuente: Laboratorio de nuevas tecnologías, Xanadu Corporation

Figura 81. Cámara de luz ultravioleta vista interior



Fuente: Laboratorio de nuevas tecnologías, Xanadu Corporation

Procedimiento

- 1.- Apagar lámparas de luz ultravioleta
- 2.- Colocar muestra en cámara de luz ultravioleta a una hora determinada
- 3.- Cerrar la cámara de luz ultravioleta
- 4.- Encender las lámparas de luz ultravioleta
- 5.- Esperar 24 horas para la primera lectura en el Hunter
- 6.- Apagar lámparas de luz ultravioleta
- 7.- Sacar muestra
- 8.- Tomar lectura en el Hunter
- 9.- Devolver la muestra a la cámara de luz ultravioleta
- 10.- Cerrar puerta de cámara y encender las lámparas de luz ultravioleta
- 11.- Esperar 24 horas para la siguiente lectura

Cámara de luz blanca visible. (Longitud de Onda 313 nm)

Principio

La prueba de estabilidad a la luz blanca visible, somete la muestra a estudio a una condición de radiación de ultravioleta, similar a un almacenamiento de una tienda donde se comercialice dicho producto. Este sufre un cambio o decrecimiento por la absorción de ultravioleta donde el rompimiento de enlaces causa su oxidación. La cámara de luz blanca visible tiene las mismas dimensiones y arreglo que la cámara de luz ultravioleta.

Figura 82. Cámara de luz blanca visible



Fuente: Laboratorio de nuevas tecnologías, Xanadu Corporation

Figura 83. Bandeja de la cámara de luz blanca visible



Fuente: Laboratorio de nuevas tecnologías, Xanadu Corporation

Procedimiento

- 1.- Apagar lámparas de luz fluorescente
- 2.- Colocar muestra en cámara de luz fluorescente a una hora determinada
- 3.- Cerrar cámara de luz fluorescente
- 4.- Encender las lámparas de luz fluorescente
- 5.- Esperar 24 horas para la primera lectura en el Hunter
- 6.- Apagar lámparas de luz fluorescente
- 7.- Sacar muestra
- 8.- Tomar lectura en el Hunter
- 9.- Devolver muestra a cámara de la luz fluorescente
- 10.- Cerrar puerta de cámara y encender lámparas de luz fluorescente
- 11.- Esperar 24 horas para la siguiente lectura.

Espectrofotómetro

Principio

El espectrofotómetro Labscan XE es un instrumento de medición de color, muy versátil, es recomendado en el análisis de productos de sólidos opacos, productos fluorescentes, plásticos, etc. El HunterLab Scan XE realiza las lecturas por medio de la reflexión de un rayo emitido por la lámpara de Xenón interna, este rayo es disparado al recibir la señal de lectura, incide sobre la muestra y refleja hacia el puerto de lectura las diferentes longitudes de onda que no han sido absorbidas por la muestra.

Figura 84. Espectrofotómetro LabScan XE



Fuente: www.Hunterlab.com

Procedimiento

- 1.- Encender el Labscan XE e iniciar el programa del mismo
- 2.- Calibrar el equipo con los estándares negro y blanco
- 3.- Tomar el estándar negro y estandarizar la lectura
- 4.- Tomar la muestra de prueba de estabilidad
- 5.- Tomar lectura
- 6.- Tomar la segunda lectura
- 7.- Ingresar identificación de la muestra en base datos
- 8.- Grabar
- 9.- Seguir con las demás muestras de estabilidad
- 10.-Repetir los pasos 4 al 8
- 11.- Imprimir gráfica

APÉNDICE B

PRESENTACIÓN DE DATOS Y GRÁFICAS QUE PROPORCIONA EL HUNTERLAB SCAN XE

El espectrofotómetro HunterLab Scan XE presenta la siguiente información:
Tablas con coordenadas:

Las tablas obtenidas en el HunterLab Scan XE, son coordenadas de color.
Desplegando la siguiente información:

TABLA XXV. Información Obtenidos por el HUNTERLAB SCAN XE

	ID	Delta Desc	DL*	Da*	Db*	DE*		DEcmc
Standard	ABST0001		69,62	-6,31	43,82			
Tolerance +							CF=	1
Tolerance -							I:c=	2
Sample 10	AB100001F	Lighter, Less Green, Less Yellow	0,15	0,11	-0,06	0,2		0,09
Sample 9	AB090001F	EQ. Light, Less Green, Less Yellow	0,03	0,13	-0,14	0,19		0,1
Sample 8	AB080001F	Lighter, Less Green, EQ. Blue	0,19	0,12	-0,05	0,23		0,11
Sample 7	AB070001F	Lighter, Less Green, EQ. Blue	0,11	0,12	-0,05	0,17		0,09

La primera línea despliega la información general de la tabla, la segunda línea se encuentra desplegada la información L^* , a^* , b^* de la muestra estándar, la tercera y cuarta línea está desplegada el valor de dos variables las cuales son, un facto comercial (CF) y una relación de luminosidad a saturación (I : C). En las normas

Estadounidenses, la relación en la industria textil con respecto a I:C es de 2:1, otras industrias pueden encontrar otras relaciones como la industria de pinturas, recubrimientos de superficies lisas y suaves, la cual es 1.37: 1, en la industria de elaboración de velas aromáticas y por acuerdo con los clientes, la relación utilizada es la de la industria textil 2:1, lo cual $CF = 1$ y $I:C = 2$, estos datos generan un elipsoide en las coordenadas a, b que es una área de aceptabilidad o tolerancia, todos los datos que posean valores mayores a los límites de tolerancia se ubicarán afuera de la elipsoide, pero aquellos que tengan los valores menores se encontrarán adentro de esta área. Esto indica qué tan cerca o tan alejado está el color de la muestra del color del estándar, lo cual permitiría un ajuste más preciso. Por último, se despliegan diez líneas donde se desdobra la información de la muestra analizada en el Hunterlab Scan XE. La información que despliega el HunterLab Scan XE de la muestra se encuentra en las columnas de la misma las cuales son:

La primera columna muestra el orden en forma descendente de la toma de datos, la segunda columna muestra el código de identificación de la muestra, en este caso AB100001F, donde AB significa el colorante amarillo, 10 es el día correlativo que se tomó la lectura en el HunterLab Scan XE, 0001 es la concentración del colorante 0.001% y por último F significa la radiación electromagnética que fue expuesta la muestra luz blanca visible (Luz fluorescente). La tercera columna despliega información del Hunterlab Scan Xe como Lighter (luminoso), less green (menos verde), less Yellow (menos amarillo), las columnas cuarta, quinta y sexta despliega la información de DL^* , Da^* y Db^* que representan la diferencia de color entre la muestra y el estándar.

$$DL^* = L^* \text{ muestra} - L^* \text{ estándar}$$

$$Da^* = a^* \text{ muestra} - a^* \text{ estándar}$$

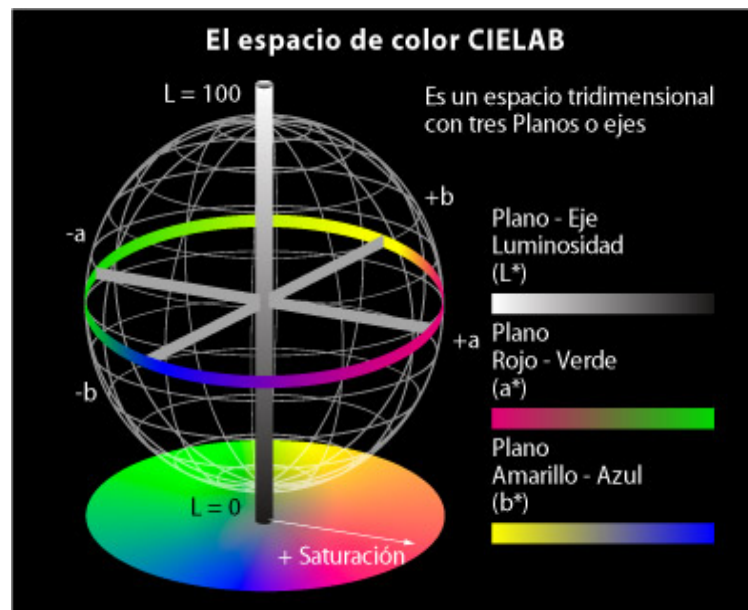
$$Db^* = b^* \text{ muestra} - b^* \text{ estándar}$$

Por último, la columna séptima y novena despliega la información DE^* y DE_{cmc} , donde DE^* es la diferencia en sensación y por último el DE_{cmc} , este dato indica si las coordenadas (a, b) se encuentran adentro o afuera de la elipsoide o área de aceptación, ya que este debe ser un valor menor al valor dada de CF que se asigne al programa, en este caso es uno.

Gráficas del Hunterlab Scan XE despliega la siguiente información.

Las coordenadas CIEL*a*b* permiten especificar estímulos en tercera dimensión la cual L^* es la Luminancia, y las coordenadas a, b conocidas como coordenadas de cromaticidad representan la variación entre rojizo-verdoso y amarillento- azulado

Figura 85. Espacio de color CIELAB

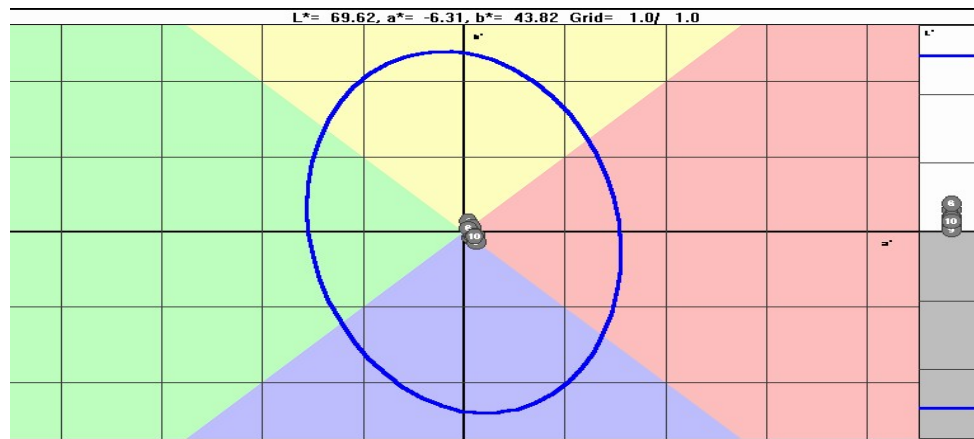


Fuente: www.colourware.co.uk/cpfag.htm

El Hunterlab Scan XE despliega un plano bidimensional, donde la escala L^* se encuentra en la parte derecha de la gráfica siempre limitada por la elipsoide y se representa por dos líneas azules, en la parte superior de la gráfica se despliega las coordenadas L^* , a^* , b^* de la muestra estándar que representa el centro de la gráfica.

Las coordenadas colorimétricas a^* , b^* forman un plano perpendicular entre sí y se grafican los puntos numerados en forma correlativa de su muestreo. También se observa el elipsoide que indica el área de aceptación o de tolerancia, que nos informa si es aceptada o rechazada una muestra.

Gráfica 86 Coordenadas Colorimétricas a, b



Fuente: Gráfica del programa del Hunterlab Scan XE

APÉNDICE C

PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Prueba de Hipótesis:

Una hipótesis Estadística es una afirmación o conjetura acerca de la distribución de una o más variables aleatorias. La prueba de una hipótesis estadística es la aplicación de un explícito conjunto de reglas para decidir si no rechazamos la hipótesis nula o si la rechazamos a favor de la hipótesis alternativa.

Diferencia entre Medias

Esta prueba se utiliza cuando nos interesan las hipótesis concernientes a diferencias entre las medias de dos poblaciones. Para el siguiente trabajo se determinó las medias de las coordenadas colorimétricas D_a^* y D_b^* (región verde/rojo, amarillo/azul) por separado.

4. Procedimiento

1.1. Hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \quad (\alpha = 0.05)$$

Donde μ_1 y μ_2 tienen diferentes significados según la prueba que se esté realizando, por lo que tenemos para la primera prueba (comparación de las muestras expuestas a las radiaciones electromagnéticas de luz blanca visible y luz ultravioleta).

μ_1 representa la degradación promedio del colorante por exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible, y μ_2 representa la degradación promedio del colorante por exposición a la radiación electromagnética de luz ultravioleta.

Para la segunda prueba (comparación de la muestra 1, 3 y 2, 4 expuesta a las radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta).

μ_1 representa la degradación promedio del colorante de la mezcla 1 y 2 por exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta, y μ_2 representa la degradación promedio del colorante de la mezcla 3 y 4 por exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta.

Para la tercera prueba (comparación de la muestra 1, 2 y 3, 4 expuesta a las radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta).

μ_1 representa la degradación promedio del colorante de la mezcla 1 y 3 por exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta, y μ_2 representa la degradación promedio del colorante de la mezcla 2 y 4 por exposición a la radiación electromagnética de luz blanca visible y luz ultravioleta.

1.2. Estadística

Para probar la hipótesis nula contra la hipótesis alterna, primero se calculan los siguientes valores. Usando los datos de la tabla II, se realizan los cálculos correspondientes para la evaluación de los diferentes valores correspondientes de las coordenadas colorimétricas, primero se suman los datos de la población

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$Y = 0,05 + 0,09 + 0,07 + 0,09 + 0,08 + 0,05 + 0,12 + 0,13 + 0,11$$

$$Y = 0.91$$

Luego se procede a sacar el promedio de la suma de la población

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$$\bar{Y} = 0.91/10 \text{ y obtenemos } \bar{Y} = 0.091$$

Luego se saca la varianza muestral se obtiene

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}$$

$$S^2 = \frac{0,001681+0,000001+0,000001+0,000441+0,000001+ 0,000121+ 0,001681+ 0,000841+0,000841+0,001521+ 0,000361}{(10 - 1)}$$

$$S^2 = 0,000832222$$

Luego el cálculo de la estimación de la variancia común

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1)(S_1^2) + (n_2 - 1)(S_2^2)}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$Sp^2 = \frac{(10 - 1)(0,000832222) + (10 - 1)(0,140187778)}{(10 + 10 - 2)}$$

$$Sp^2 = 0,07051$$

Luego se saca la raíz cuadrada de la estimación de la variancia común

$$S_p = (S_p^2)^{1/2}$$

$$S_p = 0,265537191$$

Por último se calcula los datos de t_0 Distribución t

$$t_0 = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{(S_p) (1/n_1 + 1/n_2)^{1/2}}$$

$$t_0 = (0,091 - 0,831) / ((0,265537191) * (1/10 + 1/10)^{1/2})$$

$$t_0 = -6,231483613$$

En la misma forma, se obtienen los demás resultados para todos los tratamientos restantes, expresados en las tablas XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX y XXX. De la tabla II del Apéndice de la Referencia Bibliográfica No. 24, se obtiene el valor crítico para $\alpha = 0.05$, para $n_1 + n_2 - 2 = 18$, obteniéndose $t_{0.025, 18} = 2.101$.

2. Resultados

De esta manera, al comparar con los valores absolutos de los datos obtenidos para cada tratamiento, se concluye que para el primer tratamiento en donde los resultados de las muestras de la exposición de luz blanca visible se comparan contra los

resultados de las muestras de la exposición de luz ultravioleta en que no existe degradación significativa del colorante en los resultados de las tablas I y V y III y VII, al ser expuestas a las radiaciones de luz blanca visible y luz ultravioleta, mientras que en el resto de los datos sí existe diferencia significativa en la degradación del color al ser expuesta a la radiación de luz ultravioleta.

Para la segunda prueba existe una diferencia significativa en la degradación del color de la muestra 3 (0.01% de colorante + 0.01% de inhibidor Ultravioleta) al ser expuesta a la Radiación Electromagnética de Luz Blanca Visible. También se puede decir que existe una diferencia significativa en la degradación del color de la muestra 3 (0.01% de colorante + 0.01% de inhibidor Ultravioleta) al ser expuesta a la Radiación Electromagnética de Luz Ultravioleta. Para la tercera prueba existe una diferencia significativa en la degradación del color de la muestra 2 (0.001% de colorante) al ser expuesta a la Radiación Electromagnética de Luz Blanca Visible.

Existe una diferencia significativa en la degradación del color de la muestra 4 (0.001% de colorante + 0.01% de Inhibidor Ultravioleta) al ser expuesta a la Radiación Electromagnética de Luz Ultravioleta.

TABLA XXVI. Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiaciones electromagnéticas de lbv y luv

			LBV frente a LUV			
			Da*		Db*	
Comparaciones	Colorante	Nomenclatura	Valor	Resultado	Valor	Resultado
Tabla I y V	Amarillo	To1	-0,848828094	To1 < 2,101	0,832697519	To1 < 2,101
Tabla II y VI	Amarillo	To2	-6,231483613	To2 > 2,101	3,070928943	To2 > 2,101
Tabla III y VII	Amarillo	To3	-0,183763415	To3 < 2,101	-2,092265145	To3 < 2,101
Tabla IV y VIII	Amarillo	To4	-6,474375304	To4 > 2,101	1,327641454	To4 > 2,101
Tabla IX y XIII	Anaranjado	To5	4,482533028	To5 > 2,101	9,792757941	To5 > 2,101
Tabla X y XIV	Anaranjado	To6	2,649687991	To6 > 2,101	5,104229141	To6 > 2,101
Tabla XI y XV	Anaranjado	To7	-9,189745826	To7 > 2,101	-11,13103125	To7 > 2,101
Tabla XII y XVI	Anaranjado	To8	17,2792173	To8 > 2,101	20,8056861	To8 > 2,101
Tabla XVII y XXI	Rojo	To9	18,11019145	To9 > 2,101	19,46421469	To9 > 2,101
Tabla XVIII y XXII	Rojo	To10	5,289319649	To10 > 2,101	-11,44750066	To10 > 2,101
Tabla XIX y XXIII	Rojo	To11	14,85634621	To11 > 2,101	14,94390861	To11 > 2,101
Tabla XX y XXIV	Rojo	To12	2,179137891	To12 > 2,101	2,198100163	To12 > 2,101
To 0,025, 18			2,101			

TABLA XXVII. Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de lbv

			0,01% Colorante frente a 0,001% Colorante + 0,01% Inhibidor UV			
			LBV			
			Da*		Db*	
Comparaciones	Colorante	Nomenclatura	Valor	Resultado	Valor	Resultado
Tabla I y III	Amarillo	To1	3,12563507	To1 > 2,101	4,56387544	To1 > 2,101
Tabla II y IV	Amarillo	To2	3,489202	To2 > 2,101	30,2285125	To2 > 2,101
Tabla IX y XI	Anaranjado	To5	26,1741466	To5 > 2,101	35,3442587	To5 > 2,101
Tabla X y XII	Anaranjado	To6	-17,2307914	To6 > 2,101	-21,6518675	To6 > 2,101
Tabla XVII y XIX	Rojo	To9	12,114224	To9 > 2,101	18,6701285	To9 > 2,101
Tabla XVIII y XX	Rojo	To10	6,83260829	To10 > 2,101	10,2103546	To10 > 2,101
To 0,025, 18			2,101			

TABLA XXVIII. Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de luv

0,01% Colorante frente a 0,01% Colorante + 0,01% Inhibidor UV						
LUV						
			Da*		Db*	
Comparaciones	Colorante	Nomenclatura	Valor	Resultado	Valor	Resultado
Tabla V y VII	Amarillo	To1	4,132551959	To3 > 2,101	1,401088546	To3 < 2,101
Tabla VI y VIII	Amarillo	To2	5,987353425	To4 > 2,101	9,610796808	To4 > 2,101
Tabla XIII y XV	Anaranjado	To7	18,09052592	To5 > 2,101	20,4290556	To5 > 2,101
Tabla XIV y XVI	Anaranjado	To8	-3,867725578	To6 > 2,101	12,11422405	To6 > 2,101
Tabla XXI y XXIII	Rojo	To9	20,63431513	To11 > 2,101	32,64941013	To9 > 2,101
Tabla XXII y XXIV	Rojo	To10	-4,231975716	To12 > 2,101	14,91311342	To10 > 2,101
To 0,025, 18			2,101			

TABLA XXIX. Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de lbv

0,01% Colorante frente a 0,001% Colorante						
LBV						
			Da*		Db*	
Comparaciones	Colorante	Nomenclatura	Valor	Resultado	Valor	Resultado
Tabla I y II	Amarillo	To1	-7,818050542	To1 > 2,101	-3,599362656	To1 > 2,101
Tabla III y IV	Amarillo	To2	-6,701084491	To2 > 2,101	-6,485728061	To2 > 2,101
Tabla IX y X	Anaranjado	To5	24,29845374	To5 > 2,101	30,40697467	To5 > 2,101
Tabla XI y XII	Anaranjado	To6	-21,20381514	To6 > 2,101	-32,30483493	To6 > 2,101
Tabla XVII y XVIII	Rojo	To9	17,1599847	To9 > 2,101	12,92418968	To9 > 2,101
Tabla XIX y XX	Rojo	To10	2,315365746	To10 > 2,101	-8,068271743	To10 > 2,101
To 0,025, 18			2,101			

TABLA XXX. Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de luz

			0,01% Colorante + 0,01% de Inhibidor UV frente a			
			0,001% Colorante + 0,01% de Inhibidor UV			
			LUV			
			Da*		Db*	
Comparaciones	Colorante	Nomenclatura	Valor	Resultado	Valor	Resultado
Tabla V y VI	Amarillo	To3 > 2,101	-8,902377499	To3 > 2,101	-4,170502661	To1 > 2,101
Tabla VII y VIII	Amarillo	To4 > 2,101	-8,492200542	To4 > 2,101	-3,141711961	To2 > 2,101
Tabla XIII y XIV	Anaranjado	To5 > 2,101	7,667342245	To5 > 2,101	9,69556793	To5 > 2,101
Tabla XV y XVI	Anaranjado	To6 > 2,101	-7,610916183	To6 > 2,101	-13,51506688	To6 > 2,101
Tabla XXI y XXII	Rojo	To11 > 2,101	4,994709206	To11 > 2,101	-22,4653305	To9 > 2,101
Tabla XXIII y XXIV	Rojo	To12 > 2,101	-9,070902956	To12 > 2,101	-26,42650113	To10 > 2,101
To 0,025, 18			2,101			

3. Para la comparación de los tres colorantes de la misma mezcla exponiéndolo a la misma radiación electromagnética, se utilizó la distribución F para su análisis. Por lo que tenemos, siempre para Prueba de Hipótesis

$$Y_{ij} = \mu + \lambda_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad \text{donde } i = 1,2,3 \dots a \quad \text{y } j = 1,2,3 \dots b \quad \text{para } \alpha = 0.05$$

Donde

μ = Media General

λ_i = El efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = El efecto del j-ésimo bloque

ϵ_{ij} = Término usual NID (0, σ^2) del error aleatorio

Se desea probar la igualdad de las medias de tratamientos. Así la hipótesis nula de interés es:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \mu_a$$

$$H_1 : \text{al menos una } \mu_i \neq \mu_j$$

Cálculo de Suma total de Cuadrados

$$SST = \sum_{I=1}^3 \sum_{J=1}^{10} Y_{ij}^2 - (Y_{..}^2)/N$$

$$SST = 1,0892 + 0,8051 + 9,8528 - (9,35)/30$$

$$SST = 8,83301667$$

Cálculo de Suma de Cuadrados debido a los tratamientos

$$SS_{Strat} = \sum_{I=1}^3 (Y_{i.}^2) / a - Y_{..}^2 / N$$

$$SS_{Strat} = ((-2,96)^2 + (2,77)^2 + (9,54)^2) / 3 - (9,35) / 30$$

$$SS_{Strat} = 32,9012833$$

Cálculo de Suma de Cuadrados debido a los bloques

$$SS_{bloq} = \sum_{J=1}^{10} Y_{.j}^2 / b - (Y_{..}^2) / N$$

$$SS_{bloq} = ((1,75)^2 + (1,47)^2 + (1,22)^2 + (0,88)^2 + (0,91)^2 + (0,83)^2 + (0,77)^2 + (0,69)^2 + (0,63)^2 + (0,2)^2) / 10 - (9,35) / 30$$

$$SS_{bloq} = -1,86317333$$

Cálculo de Suma de Cuadrados debido al error

$$SSE = SST - SStrat - Ssbloq$$

$$SSE = 8,83301667 - 32,9012833 - (-1,86317333)$$

$$SSE = -22,2050933$$

Si el factor $\alpha = 0.05$, el valor crítico de F es $F_{0.05, 2, 27} = 3.35$, obteniendo

$$F_0 = MS \text{ tratamiento} / MSE$$

Donde

$$MS \text{ tratamiento} = SStrat / (a - 1)$$

$$MSE = SSE / (a-1) * (b-1)$$

Obteniendo

$$F_0 = (16,45064167) / (-1,233616296) \quad F_0 = -13,3353$$

En la misma forma, se obtienen los demás resultados para todos los tratamientos restantes, expresados en la tabla XXXI.

4. Resultados

De esta manera se comparan los datos obtenidos en la tabla XXXI y se concluye que sí hay diferencia significativa de la degradación entre los colorantes.

TABLA XXXI. Resultados del análisis estadístico muestra expuesta a radiación electromagnética de lbv y luv

Comparaciones	LBV			
	Da*		Db*	
	Valor		Valor	
Tabla I, IX y XVII	-13,3352986	Fo < 3,35	-14,8823958	Fo < 3,35
Tabla II, X y XVIII	-12,91986889	Fo < 3,35	-12,82952286	Fo < 3,35
Tabla III, XI y XIX	-13,66619174	Fo < 3,35	-14,45707461	Fo < 3,35
Tabla IV, XII y XX	-13,05343248	Fo < 3,35	-13,36276557	Fo < 3,35
	LUV			
	Da*		Db*	
	Valor		Valor	
Tabla V, XIII y XXI	-13,03644939	Fo < 3,35	-16,15521592	Fo < 3,35
Tabla VI, XIV y XXII	-14,44915526	Fo < 3,35	-13,85109775	Fo < 3,35
Tabla VII, XV y XXIII	-12,93156524	Fo < 3,35	-16,10937629	Fo < 3,35
Tabla VIII, XVI y XXIV	-13,25473964	Fo < 3,35	-14,15570999	Fo < 3,35
Fo 0,05, 2, 27	3,35		3,35	