



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PETRÓLEOS MEXICANOS  
SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD  
GERENCIA DE SERVICIOS MÉDICOS  
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

**“ FRECUENCIA DE DISCROMATOPSIA ADQUIRIDA EN UN GRUPO DE  
TRABAJADORES MEXICANOS OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS A  
UNA MEZCLA DE DISOLVENTES ORGÁNICOS (BENCENO, TOLUENO Y  
XILENO), DURANTE EL PERIODO DE ENERO A JUNIO DE 2015”**

TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL TRABAJO Y AMBIENTAL**

PRESENTA:

**Dr. Arturo Alejandro Mascorro Villaseñor**

TUTORES:

Dra. Gladys Martínez Santiago

Dr. Eric Alfonso Amador Rodríguez

Dra. Gloria de Lourdes Llamasa García Velázquez

Dr. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez

Dr. Francisco Antonio Mercado Calderón

Dr. Luis Fernando Oropeza Hernández

Dr. Omar Reséndez del Ángel



**PEMEX**

México, Distrito Federal

Febrero 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

DR. FERNANDO ROGELIO ESPINOSA LÓPEZ  
Director

---

DRA. JUDITH LÓPEZ ZEPEDA  
Jefe del Departamento de Enseñanza e Investigación

---

DRA. GLADYS MARTÍNEZ SANTIAGO  
Profesora Titular del Curso de Especialización

---

DR. ERIC ALFONSO AMADOR RODRÍGUEZ  
Jefe de Servicio del Medicina del Trabajo

---

DRA. GLADYS MARTÍNEZ SANTIAGO  
Tutor de tesis

---

DR. ERIC ALFONSO AMADOR RODRÍGUEZ  
Tutor de tesis

---

DRA. GLORIA DE LOURDES LLAMOSAS GARCÍA VELÁZQUEZ  
Tutor de tesis

---

DR. CUAUHTÉMOC ARTURO JUÁREZ PÉREZ  
Tutor de tesis

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre y a mi hermana, a quienes debo absolutamente todo lo que soy; por ser mi motor... mi todo, los grandes amores de mi vida.

A mi padre.

A la Dra. Gladys Martínez Santiago, por su apoyo incondicional, por todas sus horas de dedicación que me otorgó durante mi formación académica, por ser mi maestra y mentora.

Al Dr. Eric Alfonso Amador Rodríguez por darme la oportunidad de realizar mi especialización médica en esta sede.

Al M. en C. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez, por ser un pilar importantísimo en esta investigación. Por su confianza y por todas sus enseñanzas.

Al Dr. Jesús Pastor Castillo Millán, al Dr. Andrés Hiriart Rodríguez y a la Lic. Perla Arévalo por su invaluable apoyo para realización de este proyecto.



## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>I. RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>III. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>IV. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>18</b>
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>24</b>
<b>VI. DISCUSIÓN</b>	<b>43</b>
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>47</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>59</b>

## I. RESUMEN

### **“FRECUENCIA DE DISCROMATOPSIA ADQUIRIDA EN UN GRUPO DE TRABAJADORES MEXICANOS OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS A UNA MEZCLA DE DISOLVENTES ORGÁNICOS (BENCENO, TOLUENO Y XILENO), DURANTE EL PERIODO DE ENERO A JUNIO DE 2015”**

Diversas investigaciones han determinado el efecto neurotóxico de la exposición a disolventes orgánicos (DO). En el ámbito ocupacional, es común la exposición a la mezcla: benceno, tolueno y xileno (BTX).<sup>11</sup>

La literatura establece que la disminución de la capacidad para discriminar los colores (término conocido como discromatopsia) puede ser un marcador precoz y sensible de neurotoxicidad oftálmica debido a una exposición crónica a la mezcla BTX.<sup>23, 24, 25</sup>

El objetivo general de esta investigación fue identificar alteraciones adquiridas en la visión cromática en el personal ocupacionalmente expuesto (POE) a una mezcla de disolventes orgánicos (BTX). Los objetivos específicos fueron: realizar la evaluación de la visión cromática mediante la prueba Lanthony 15 desaturada (LD-15), cuantificar el índice de confusión cromática (ICC) en los trabajadores participantes y determinar la prevalencia de discromatopsia congénita.

Se realizó un estudio transversal; en un grupo de trabajadores expuestos a una mezcla de DO y en otro sin exposición. La investigación se efectuó en dos centros de trabajo: un centro administrativo de la Ciudad de México y en una refinería de la Ciudad de Salamanca, Guanajuato.

Como instrumentos de evaluación, en primer término se empleó un cuestionario especialmente diseñado para indagar sobre: estilos de vida, exposición laboral y otros factores de riesgo para la presencia de discromatopsia adquirida. Por otra parte, se

aplicó la prueba LD-15 en cada ojo para determinar la capacidad para discriminar el color. El ICC fue determinado individualmente para cada ojo por medio de un software especializado; todo cociente  $\geq 1$  fue considerado como probablemente patológico.

La información se procesó en el software STATA versión 12; los datos se sometieron a análisis univariado y bivariado. Asimismo, se implementaron pruebas de asociación; *t* de student y  $\chi^2$ .

Se estudiaron a 142 trabajadores. El 5.4% (4) presentaron discromatopsia congénita (hereditaria); 2 (2.72%) fueron protanopes (con incapacidad para identificar tonalidades en el eje rojo-verde) y 2 (2.72%) exhibieron perfiles compatibles con deuteranopía (incapacidad para discriminar tonalidades en el eje amarillo-verde). Los 4 casos fueron excluidos del análisis final. De esta forma, el grupo de trabajadores expuestos lo integraron 73 operativos y el grupo control 65 oficinistas de ambos centros de trabajo.

La prevalencia de discromatopsia probablemente adquirida en ambos ojos fue mayor en el grupo de trabajadores expuestos (17%) en comparación con el grupo control (8%). Sin embargo, la diferencia no fue estadísticamente significativa con respecto a los resultados del grupo control (ojo derecho  $p=0.16$ ; ojo izquierdo  $p=0.26$ ).

La media del ICC de ambos ojos resultó ser ligeramente más elevada en el grupo de expuestos (1.09) con respecto al grupo sin exposición (1.08); de igual manera la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p=0.73$ ).

En los trabajadores expuestos, la prevalencia de discromatopsia adquirida, fue similar para ambos ojos; ojo derecho 8.2%, ojo izquierdo 9.5%. La discromatopsia de tipo difusa fue el diagnóstico más frecuente para ambos ojos; ojo derecho 5.4% ( $n=4$ ), ojo izquierdo 6.8% ( $n=5$ ).

Los factores confusores que demostraron una relación estadísticamente significativa con la discromatopsia adquirida fueron la diabetes mellitus y la hipertensión arterial ( $p <$



0.05). Por otra parte, la media de antigüedad laboral en ambos centros de trabajo fue de 17 años y demostró ser estadísticamente significativa con respecto a la discromatopsia adquirida en el grupo de expuestos ( $p < 0.05$ ).

Los resultados son concordantes con los de otros investigadores; el cociente del ICC es más elevado para el grupo de expuestos, al igual que la prevalencia de discromatopsia presumiblemente adquirida, siendo el patrón difuso el más frecuente. Asimismo, se observó que la antigüedad laboral está relacionada positivamente con la discromatopsia adquirida en el grupo de expuestos.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda efectuar una investigación en ambos centros de trabajo para evaluar las condiciones de seguridad e higiene en las áreas operativas, así como, una inspección detallada en torno al tipo y uso de equipo de protección personal específico brindado a la plantilla laboral.

Indudablemente, la prueba LD-15 es un instrumento adecuado y confiable para la detección de discromatopsia adquirida. Se sugiere aplicarlo en la evaluación para todos los exámenes médicos de nuevo ingreso y periódicos en el personal ocupacionalmente expuesto a la mezcla de disolventes orgánicos (BTX).

## II. INTRODUCCIÓN

La exposición a Disolventes Orgánicos (DO), los cuales son ampliamente utilizados en una gran variedad de industrias, puede conducir a la disfunción del Sistema Nervioso (SN). Estos producen neurotoxicidad, es decir, cambios funcionales o estructurales adversos en el SN tanto a nivel central como periférico.

Los efectos tóxicos de los DO pueden ser generales o específicos, lo cual a su vez depende de la estructura química del agente, de la magnitud y frecuencia de exposición, de la susceptibilidad individual, de la interacción con otros factores como tabaquismo, alcohol, estado nutricional y con otras enfermedades del huésped como diabetes mellitus, uremia, etc.

Cuando existe exposición ocupacional a múltiples DO, puede generarse una interferencia toxicodinámica, que puede dar lugar a efectos de potenciación o aditivos, a sinergismo o antagonismo, todo lo cual contribuye a la variabilidad del cuadro clínico. En el ámbito ocupacional es común la exposición a mezclas de DO, particularmente de benceno, tolueno y xileno (BTX).

No obstante, en la actualidad persiste la controversia en torno a la naturaleza del daño en la etapa temprana de la exposición crónica. Dado que la pérdida de la visión al color puede ser un marcador precoz sensible del daño neurotóxico.

La detección temprana de alteraciones neurofisiológicas en trabajadores expuestos a DO es una prioridad, debido a que permite tomar decisiones preventivas y correctivas antes de que se produzcan lesiones irreversibles originadas por estos agentes.

Los colores observados resultan, según Hering, de la combinación de cuatro sensaciones cromáticas fundamentales y complementarias dos a dos: rojo-verde y amarillo-azul.<sup>1</sup>

Los fotorreceptores cónicos son responsables de la visión del color, a través de los pigmentos visuales (opsinas), en sus segmentos externos que absorben luz de longitudes de onda entre 400 y 700 nm. Estudios de sensibilidad espectral han identificado fotorreceptores cónicos del azul, verde y rojo.<sup>2</sup>

Un requerimiento mínimo para la discriminación del color (matriz) es la presencia de al menos dos clases de ftopigmentos de cono (opsinas); la visión normal del color requiere la presencia de las tres (tricomacia). Las opsinas de cono rojo y verde son codificadas por genes adyacentes en el cromosoma X. La opsina del cono azul es codificada en el cromosoma 7.<sup>2</sup>

Los defectos de la visión del color pueden ser congénitos (consecuencia de un desarrollo incompleto del sentido de la visión), o adquiridos (desarrollados a partir de la exposición a ciertas sustancias, o por enfermedades oculares o sistémicas, o bien como resultado de un traumatismo craneal).<sup>2,7</sup>

Los congénitos exhiben una progresión clínica estable a lo largo del tiempo, afectan a ambos ojos por igual, con un ligero predominio en el género masculino. La forma más frecuente es la dicromacia al rojo (**protanopía**) o al verde (**deuteranopía**) y se deben a que sólo dos de las tres opsinas de cono funcionan adecuadamente debido a mutaciones en el gen que codifica a cada una de ellas; recesivo ligado al cromosoma X. La dicromacia afecta a 8% de hombres y 0.5% de mujeres.<sup>2</sup>

El tercer tipo de dicromacia es la **tritanopía**; donde hay pérdida de discriminación del azul y amarillo a causa de defecto en la opsina del cono azul. Es una condición autosómica y dominante rara, que resulta de una mutación en el cromosoma 7.<sup>2</sup>

Las principales características de las discromatopsias adquiridas, en contraste con las hereditarias, según François y Voke-Fletcher, son estipuladas en el siguiente listado: <sup>8,9</sup>

- a)** Asimétricas: la alteración puede ser monocular.
- b)** Pueden acompañarse de otras deficiencias en la esfera visual: agudeza visual, campos visuales, adaptación a la oscuridad, etc.
- c)** Se afecta con mayor frecuencia el eje amarillo-azul.
- d)** La proporción de afectación según el sexo es 1:1
- e)** La gravedad de la lesión es variable, dependiendo del grado de exposición
- f)** Puede existir una cromatopsia asociada (visión coloreada de las superficies blancas).
- g)** Los colores son nombrados correctamente por los afectados, con base en su conocimiento previo.
- h)** La discriminación entre tonos (Clasificación dada por Munsell) está alterada.
- i)** La visión de los colores mejora si se aumenta el tamaño, la luminancia, el tiempo de exposición o la saturación del test de colores utilizado.
- j)** Un defecto “atípico” o el relato de un cambio en la sensación cromática brusco o en el pasado sugiere una anomalía adquirida. <sup>8,9,14</sup>

En los escenarios laborales es más común encontrar exposiciones a mezclas de disolventes orgánicos, especialmente de benceno, tolueno y xileno (BTX), en lugar de la exposición a uno solo. <sup>11</sup>

Los DO son ampliamente utilizados en productos tales como pinturas, tintas, barnices, pegamentos, removedores de grasa, y diluyentes. La exposición se produce en una variedad de lugares de trabajo y en la comunidad, incluyendo las refinerías de petróleo y plantas petroquímicas, fabricación de plásticos y pinturas, así como en la industria de la construcción. <sup>11</sup>

Varios trabajos de investigación apuntan que aunque en los escenarios laborales, los promedios ponderados en el tiempo de exposición para 8 horas (TWA por sus siglas en

inglés), se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, por sus siglas en inglés), los disolventes orgánicos pueden causar síntomas transitorios en el SN, tales como euforia, dolores de cabeza y mareos. Altas concentraciones, producen alteración de la conciencia e incluso pueden dañar al centro de control respiratorio y provocar la muerte.<sup>5, 11.</sup>

Debido a sus propiedades lipofílicas, la mayoría de los DO tiende a acumularse en órganos ricos en lípidos, como el SN central y periférico; son los sitios diana de la toxicidad.<sup>11</sup>

En 1985, el daño al SN debido a la exposición crónica a DO fue reconocido por organismos internacionales; entre ellos el Comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) denominándolo “**síndrome pisco-orgánico**” integrado por: alteraciones de la memoria, dificultades en la concentración, fatiga, cambios de la personalidad, cefalea e irritabilidad.<sup>2</sup>

Pese a lo anterior, aun continúan las interrogantes en torno a la naturaleza del daño en las etapas iniciales o preclínicas de la exposición temprana. Es por ello que se requieren de evaluaciones de neurotoxicidad más sensibles y específicas para detectar oportunamente los efectos incipientes y por tanto, impedir la progresión del daño neurológico desde los estadios iniciales de exposición.<sup>10</sup>

Se desconoce la fisiopatología precisa del efecto de los DO sobre la discriminación cromática. Existen varias hipótesis, las más constantes en la literatura establecen que puede ser debido a una desmielinización temprana del nervio óptico; a daño en los receptores o en las células ganglionares que modulan las señales originadas en los conos; por un efecto directo sobre los receptores lipídicos o por la interferencia en la recaptación de la dopamina (relacionada específicamente con el estireno).<sup>15</sup>

No obstante, existe evidencia concordante al respecto de que los DO son responsables de cambios en diferentes estructuras del sistema visual como; el cristalino, capas de la retina y el nervio óptico. Más aún, el daño retiniano a diferentes grados de exposición ambiental (tanto aguda como crónica) repercute directamente en el aumento de la incidencia de discromatopsias adquiridas; protanopías, dueteranopías y tritanopías.<sup>4</sup>

En este sentido y retomando las ideas de Kollner, la pérdida de la discriminación de los tonos azul-amarillo refleja cambios en las capas más externas de la retina, en contraste, la pérdida de la discriminación rojo-verde parece indicar un daño en capas más profundas de ésta e incluso a nivel del nervio óptico.<sup>17</sup>

Pruebas de color de visión, incluyendo el panel Lanthony D-15 desaturado (LD-15), han demostrado ser indicadores sensibles de la pérdida de visión del color inducida por neurotóxicos. Posee una sensibilidad del 90 a 92% y una especificidad de 83 a 94%.<sup>2, 5</sup>

En contraposición, el test de las láminas de Ishihara ha demostrado ser útil en la detección de discromatopsias congénitas de tipo rojo-verde (protanopía o deutanopía), con una sensibilidad de 91% y especificidad de 98%. Sin embargo, su empleo para la detección de las alteraciones cromáticas adquiridas es controversial; mientras algunos autores defienden su utilidad, otros la cuestionan.<sup>14</sup>

Las discromatopsias adquiridas han sido clasificadas de forma muy diversa por los expertos. Para efectos prácticos, se tienen presentes las discromatopsias derivadas de la acción de los agentes químicos sobre la retina o el nervio óptico, de la siguiente forma:<sup>7</sup>

- a) **Defectos en el eje rojo-verde:** asociados en general con las vías ópticas; de carácter progresivo, interesando todos los colores, pero principalmente el rojo y el verde.

**b) Defectos en el eje amarillo-azul:** de origen retiniano, con tendencia a salvaguardar la visión del rojo y del verde. Puede combinarse con el defecto enunciado en el literal anterior, dando lugar a una ceguera total de los colores.<sup>7</sup>

En el Cuadro 1, se presentan algunas de las sustancias cuyo uso ha sido objeto de estudios que describen una prevalencia elevada de alteraciones de la visión cromática entre los trabajadores expuestos a las mismas.<sup>1</sup>

**CUADRO 1. ALTERACIÓN DE LA VISIÓN CROMÁTICA Y SUSTANCIAS QUE LA OCASIONA.**

<b>ALTERACIÓN VISIÓN CROMÁTICA</b>	<b>SUSTANCIA QUE LA ORIGINA ORIGINARIA</b>
Rojo-verde	Disulfuro de carbono, tetracloroetileno (percloro), dinitrotolueno, monóxido de carbono, etilenglicol, talio.
Amarillo-azul	Estireno, n-hexano, etanol, tolueno, plomo.

Fuente: Gómez, M. D. (2005). Neurotoxicity: colour vision evaluation. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

De esta forma se ha evidenciado que las exposiciones ocupacionales a varias mezclas de DO se relacionan con discromatopsias adquiridas. Con respecto a la dosis de exposición, las evidencias han sido contradictorias, ya que mientras en algunas series de casos, los trabajadores se encontraban expuestos a dosis superiores a los límites permitidos, es decir a más de 20 ppm TWA, en otras, los niveles de exposición se encontraban por debajo de éstos; las concentraciones oscilaban entre 11 y 13 ppm TWA.<sup>4, 5</sup>

En 1998 González *et al* investigaron la incidencia de discromatopsia adquirida entre un grupo de 249 operarios expuestos a una mezcla de acetato de etilo, etanol y cetonas en una planta de envases de aluminio fotograbados a lo largo de tres años. Analizaron a dos grupos de trabajadores; uno de 129 sujetos expuestos a los DO antes citados (en promedio 17 años de antigüedad) y otro de 120 empleados sin exposición (con una antigüedad media de 19 años).<sup>16</sup>

El estudio implicó la implementación del panel LD-15 para clasificar a los participantes como portadores o no portadores de discromatopsia. Asimismo, realizaron matrices de exposición por medio de un estudio de monitoreo ambiental que determinó la presencia de los DO existentes en cada sector de producción.<sup>16</sup>

El promedio de exposición acumulativa fue de 194 (media de 174); excediendo en un 12% los límites específicos recomendados por la ACGIH. Con respecto a la visión cromática, 23% de los sujetos del grupo de expuestos fueron clasificados como portadores de discromatopsia; en comparación con el 13% de los participantes del grupo de no expuestos (OR de 1.99).<sup>16</sup>

Los resultados del estudio de González *et al* señalan que existe un riesgo incrementado de discromatopsia entre los trabajadores expuestos a mezclas de DO.<sup>16</sup>

Mergler encabezó una investigación en 30 trabajadores de una imprenta, expuestos a una mezcla de DO mediante una serie de casos y controles. Aplicó la prueba LD-15. El



análisis cualitativo ulterior reveló que los trabajadores expuestos presentaron una mayor prevalencia de discromatopsia adquirida en comparación con el grupo no expuesto.<sup>17</sup>

Sin embargo, el análisis del tipo de pérdida de la discriminación cromática mostró que entre las personas no expuestas, la discromatopsia fue localizada sólo en el rango azul-amarillo, mientras que el 35% de las personas expuestas estuvieron presentes tanto la pérdida de discriminación del eje rojo-verde y azul amarillo.<sup>17</sup>

Del mismo modo, el análisis de  $\chi^2$  aplicado en ese estudio, permitió demostrar que el complejo patrón de discromatopsia no estaba relacionado con la edad, sino con la categoría laboral. Tales resultados sugieren que el tipo de discromatopsia, que a la postre refleja la gravedad de las alteraciones neuronales, puede estar supeditado al nivel de exposición y/o las propiedades oftalmotóxicas de los disolventes particularmente usados.<sup>17</sup>

En otra investigación, se determinó el impacto de la exposición ocupacional crónica a mezclas de DO en la visión cromática de pintores industriales en una fábrica de automóviles. Se incluyeron a 408 trabajadores, distribuidos en tres grupos: el primero lo conformaban operarios de la línea de montaje, sin exposición a DO; el segundo y tercer grupo incluyó a obreros del área de pintado, quienes sí estaban expuestos, entre ambos se diferenciaban por la antigüedad laboral; el segundo grupo congregó a los empleados con menos de 5 años en su categoría, mientras que el tercero fue a operarios con una antigüedad mayor a 5 años en su puesto de trabajo.<sup>18</sup>

Se les aplicó la prueba LD-15 para la detección de alteraciones en la percepción de la visión cromática. Se encontró que para los grupos de exposición a DO, segundo y tercero, la frecuencia de discromatopsia adquirida fue de 29.31% y 44.28%, respectivamente. Para los trabajadores del área de montaje (no expuestos) la frecuencia fue de 3.90% ( $p = 0.001$ ).<sup>18</sup>

Dicho estudio permitió concluir que la exposición crónica a DO puede provocar trastornos adquiridos para la percepción cromática. La prueba LD-15 es una herramienta útil para el diagnóstico precoz de trastornos del SN en trabajadores expuestos de manera crónica a DO.<sup>18</sup>

Por otra parte, Lee y cols., en 2006 realizaron una investigación para determinar la asociación entre los niveles de exposición crónica a DO, especialmente el benceno y la discromatopsia adquirida en una fábrica de destilación de hidrocarburos. El monitoreo ambiental determinó que este DO excedía en 8.5% las concentraciones permitidas de 0.5 ppm TWA recomendado por la ACGIH. Finalmente encontraron que existía una relación estadísticamente significativa entre la exposición laboral a este agente y la deuteranopía adquirida.<sup>11</sup>

Asimismo en 2013 Lee y cols, realizaron un nuevo estudio en el que evaluaron de manera específica la oftalmotoxicidad del xileno entre trabajadores expuestos. Para ello establecieron dos grupos, uno comprendió a 63 trabajadores ocupacionalmente expuestos a xileno; y otro grupo de 122 empleados de la misma industria sin exposición a tal disolvente fungió como el control.<sup>20</sup>

La visión cromática fue determinada a través del panel LD-15 en ambos grupos y la medición del metabolito urinario ácido hipúrico sólo se implementó en el grupo de expuestos como índice de exposición biológica.<sup>20</sup>

El nivel de ácido metilhipúrico urinario en el grupo expuesto fue de 0.13 g/g de creatinina, menor al índice de exposición biológica (BEI, por sus siglas en inglés) de 1.5 g/g de creatinina propuesto por la ACGIH.<sup>20</sup>

De esta manera, encontraron en el grupo de expuestos mayor frecuencia de discromatopsias adquiridas: 9.5% con respecto al 1.64% obtenido en el grupo control.<sup>20</sup>

Tal evidencia apoya la hipótesis de los investigadores, centrada en que los problemas adquiridos en la percepción de la visión cromática podrían ser inducidos por la exposición a xileno.<sup>20</sup>

El efecto de los derivados del petróleo y los DO en la visión cromática ha sido investigado en industrias petroleras y lavanderías a través del estudio de casos y controles por el Departamento de Optometría de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Kebangsaan, en Malasia.<sup>3</sup>

En un estudio se evaluó la discriminación al color a través de los test: Ishihara, Farnsworth Munsell, Hue 100 (FM H-100) y el panel de Lanthony D-15 (LD-15). Mediante éste último se detectaron dificultades para la discriminación de las tonalidades azul y amarillo; en contraparte, utilizando el FM H-100, no se encontraron variaciones estadísticamente significativas.<sup>3</sup>

En el año 2000, posterior a dos años de seguimiento a trabajadores expuestos al percloroetileno en Módena (Italia), Gobba *et al* observaron una disminución leve a la discriminación cromática del azul y amarillo, relacionada con las concentraciones de DO y los horarios de trabajo. A dosis bajas y horarios cortos, se comprobó además que los cambios aunque leves, son irreversibles.<sup>6</sup>

En 2004 Sharanjeet *et al* realizaron una investigación sobre el efecto de la exposición a derivados del petróleo (polietileno, poliestireno) y DO (percloroetileno) sobre la percepción del color.<sup>19</sup>

Tal estudio fue conducido en una industria petroquímica y se reclutaron a 93 empleados cuyas categorías laborales implicaban exposición a petróleo, DO y/o sus derivados. Se estableció un grupo control libre de exposición. La visión cromática se evaluó a través de las láminas de Ishihara, la prueba LD-15 y la prueba FM H-100.<sup>19</sup>

Sharanjeet *et al* encontraron que todos los sujetos estudiados (tanto casos como controles) aprobaron la prueba de Ishihara; en ninguno se encontraron defectos del color rojo-verde. No obstante, algunos de los empleados expuestos fallaron la prueba LD-15 y obtuvieron puntuaciones anormalmente altas en el test FM H-100.<sup>19</sup>

La prueba LD-15 mostró que el 28% (26 de 93) de los empleados expuestos tenían un defecto de la visión de color, mientras que con la prueba de FM H-100 se encontró que el 63 % (59 de 93) tenían un defecto de la visión del color.<sup>19</sup>

La mayoría de los defectos (22.6%) fueron del tipo azul-amarillo cuando se utilizó la prueba LD-15. Sin embargo, con la prueba de FM H-100, la mayoría de los defectos fueron del tipo no polar con ningún eje específico (50.5%). De manera global, Sharanjeet *et al* concluyen que los empleados expuestos directamente a los derivados del petróleo y DO tienen un mayor riesgo de contraer defectos de la visión de color en comparación con los sujetos que no lo están.<sup>19</sup>

Otro estudio de casos y controles realizado en el Departamento de Ciencias Ambientales y la Escuela de Medicina de la Universidad de Tohoku de Sendai (Japón), efectuado en 1992, mostró los cambios en la visión cromática de trabajadores expuestos a DO hacia las tonalidades de azul y amarillo, pero también algunos cambios en las tonalidades del rojo y el verde.<sup>5</sup>

Si bien, como se señalaba anteriormente, la patogénesis de deterioro inducido por DO en la visión cromática es aún incierta, tales cambios en la función visual pueden, no obstante, servir como un marcador temprano de daño neurotóxico, especialmente la que resulta de la exposición crónica.<sup>11</sup>

En 2003 García y cols., determinaron la validez (índices de sensibilidad y especificidad) del test de las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara para la exploración de la visión cromática en sujetos con diabetes mellitus. Seleccionaron 30 ojos (7 hombres y 8 mujeres) cuyas edades oscilaban entre 16 y 85 años, se trató de pacientes diabéticos

elegidos de manera aleatorizada de un centro de atención oftalmológica. Los pacientes exhibían alteraciones de tipo adquirido en su visión cromática, detectadas previamente mediante el Panel LD-15.<sup>14</sup>

Como resultado, encontraron que los 30 ojos (100%) aprobaron satisfactoriamente la prueba de las láminas de Ishihara; no se detectaron alteraciones en la percepción cromática. La sensibilidad del test (proporción de ojos con alteración correctamente identificados) fue de cero (IC 69-100%, seguridad 95%) y su especificidad (proporción de personas con visión normal correctamente clasificadas) fue 1 (IC 83.3%-100%), seguridad 95%). La conclusión del estudio fue que las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara no permiten la detección de las alteraciones de la visión cromática de tipo adquirido.<sup>14</sup>

Finalmente, Paramei *et al* en el 2004, realizaron un metaanálisis de 39 estudios que abarcaron una amplia gama de condiciones de exposición a DO. En éstos se implementaron el panel LD-15 para evaluar la visión cromática, así como las concentraciones de DO medidas en cada uno de los escenarios de trabajo. El análisis de las variables cualitativas implementado, arrojó un efecto positivo para 13 de las 15 muestras de DO estudiados, lo cual explica el por qué en la gran mayoría de las investigaciones los grupos expuestos poseen un nivel de discriminación cromática inferior.<sup>21</sup>

No obstante, este metaanálisis también señala que existe una gran variación en el tamaño del efecto entre los estudios. Se discute si las posibles causas de las inconsistencias de los hallazgos reportados están relacionadas con la exposición, así como con los factores de confusión, tales como las condiciones de administración de la prueba y las características propias de cada muestra; inherentes a los sujetos participantes.<sup>21</sup>

Paramei *et al* estipulan que estos factores varían considerablemente entre los estudios y podrían haber contribuido en gran medida a la divergencia en la medición de la

capacidad cromática; ocultando así los efectos persistentes de los DO en la discriminación de color.<sup>21</sup>

Este trabajo de investigación pretende analizar la relación entre la exposición crónica a una mezcla de DO (BTX) y la presencia de discromatopsia adquirida.

### **III. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

- Identificar alteraciones adquiridas en la visión cromática del Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) a una mezcla de disolventes orgánicos (DO); benceno, tolueno y xileno (mezcla BTX).

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la evaluación de la visión cromática por medio de la prueba Lanthony 15 desaturada (LD-15).
- Cuantificar el índice de confusión cromática (ICC) en los trabajadores participantes.
- Determinar la prevalencia de discromatopsia congénita.

## IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal en un grupo de trabajadores expuestos a una mezcla de DO, y en otro grupo sin exposición.

La investigación fue llevada a cabo en dos centros de trabajo; un edificio administrativo de la Ciudad de México y en una refinería de la Ciudad de Salamanca, Guanajuato. En ambos se seleccionó un grupo de expuestos y un grupo control.

El grupo de expuestos fueron operarios del taller de pintura; tanto del centro administrativo como de la refinería y analistas químicos del laboratorio de control de calidad de ésta última. El grupo de no expuestos se integró por oficinistas de ambos centros de trabajo.

Se aplicó un cuestionario que exploró estilos de vida, patologías previas, presencia de otros factores de riesgo para discromatopsia adquirida y exposición laboral previa y actual a DO.

Asimismo, se utilizó la prueba Lanthony 15 desaturada (LD-15) (Figura 1 y 2), para determinar la capacidad de discriminación al color en los trabajadores evaluados. Se calculó el índice de confusión cromática (ICC) para cada ojo a través del software especializado creado por Béla Török ([www.torok.info/colorvision/d15.htm](http://www.torok.info/colorvision/d15.htm)). Todo cociente obtenido  $>1$  fue considerado como probablemente patológico.

Los resultados obtenidos fueron ingresados a una base de datos y procesados mediante el software STATA versión 12. Los datos fueron sometidos a análisis univariados y bivariados; se implementaron pruebas de asociación ( $t$  de student y  $\chi^2$ ).



**Figura 1. Prueba de Lanthony desaturada 15 (Prueba LD-15)**



Ordenamiento adecuado de fichas en un sujeto con una visión cromática óptima

**Figura 2. Ordenamiento de las fichas que componen la batería LD-15, de acuerdo a la percepción cromática de uno de los trabajadores evaluados**



Se exhibe un ordenamiento alterado; la visión cromática se encuentra afectada

**Figura 3**



**Figura 4**



**Figura 5**



Figuras 3, 4 y 5. Ejemplifican al grupo de trabajadores mientras ejecutan la prueba LD-15. Nótese que se realiza la prueba por cada ojo y con el uso de anteojos

Figura 6

**Farnsworth D-15 and Lanthony D-15 Color Vision Test Scoring**  
Author: Béla Török, MD, PhD, Email: [bela@belatorok.com](mailto:bela@belatorok.com), (Version: September 2013)

Test Type:  Farnsworth D-15 (Saturated)  
 Lanthony D-15 (Desaturated)

Side:  Right eye  Left eye  Binocular

ID No:

Name:

BirthDay: 19 ▾ 9 ▾ 5 ▾ - May ▾ - 3 ▾ (ISO 8601 format)

Address:

Test Date: 20 ▾ 1 ▾ 5 ▾ - May ▾ - 3 ▾ Age: 20 Years

Send Result to:

From:

Email Subject:

Email Format:  Mail client with inline SVG graphic support

Figura 6a

Cap order

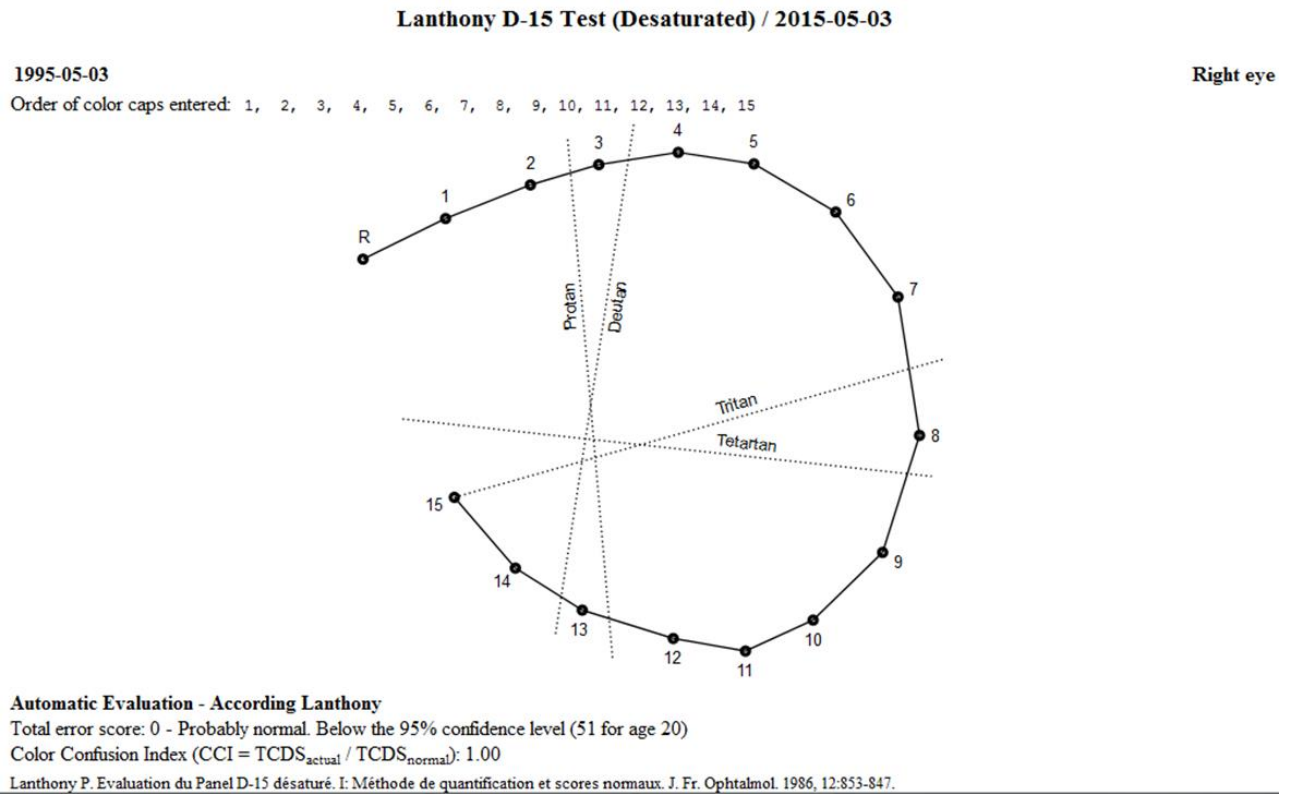
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Image Size (Pixel):  400  450  500  550  600  650  700  750  800

Calculate FM 100-Hue style TES

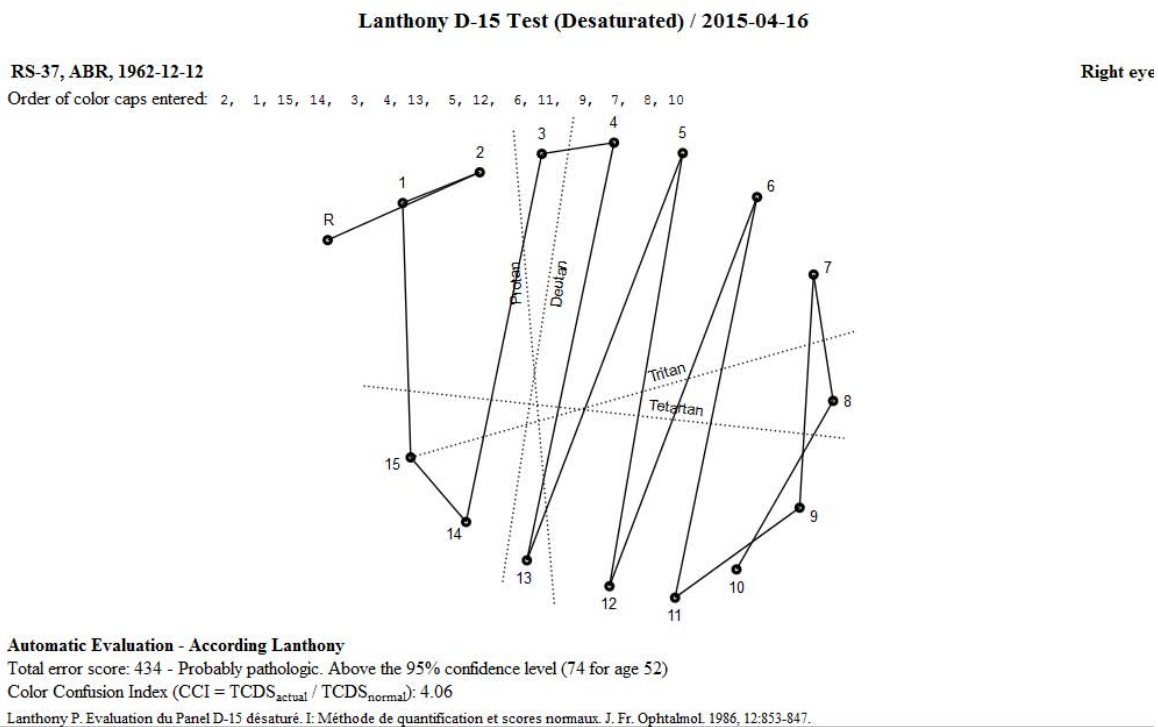
Figuras 6 y 6a. Software especializado creado por Béla Török para determinar la capacidad cromática a través de las pruebas Farnsworth D-15 y Lanthony D-15; [www.torok.info/colorvision/d15.htm](http://www.torok.info/colorvision/d15.htm)

Figura 7. Resultado emitido por el software de Béla Török



Ejemplifica a un sujeto evaluado del ojo derecho, que posee una adecuada capacidad para identificar los colores. (Nótese el ICC = 1).

**Figura 8. Resultado emitido por el software de Béla Török**



**Automatic Evaluation - Moment of Inertia Method**  
 Angle: -23.8, Major Radius: 16.8, Minor Radius: 5.4, Total Error Score: 17.6, Selectivity Index: 3.13, Confusion Index: 3.27  
 Pathologic color discrimination, probably deuteranomaly or deuteranopy.  
 Vingrys, A.J. and King-Smith, P.E. A quantitative scoring technique for panel tests of color vision. Investigative Ophthalmology and Visual Science, 1988, 29:50-63.

Ejemplifica a un sujeto evaluado del ojo derecho, que presenta una alteración en su visión cromática; y de acuerdo al trazo obtenido, se trata de una deuteranopía.

(Nótese que el ICC es de 4.06)

## V. RESULTADOS

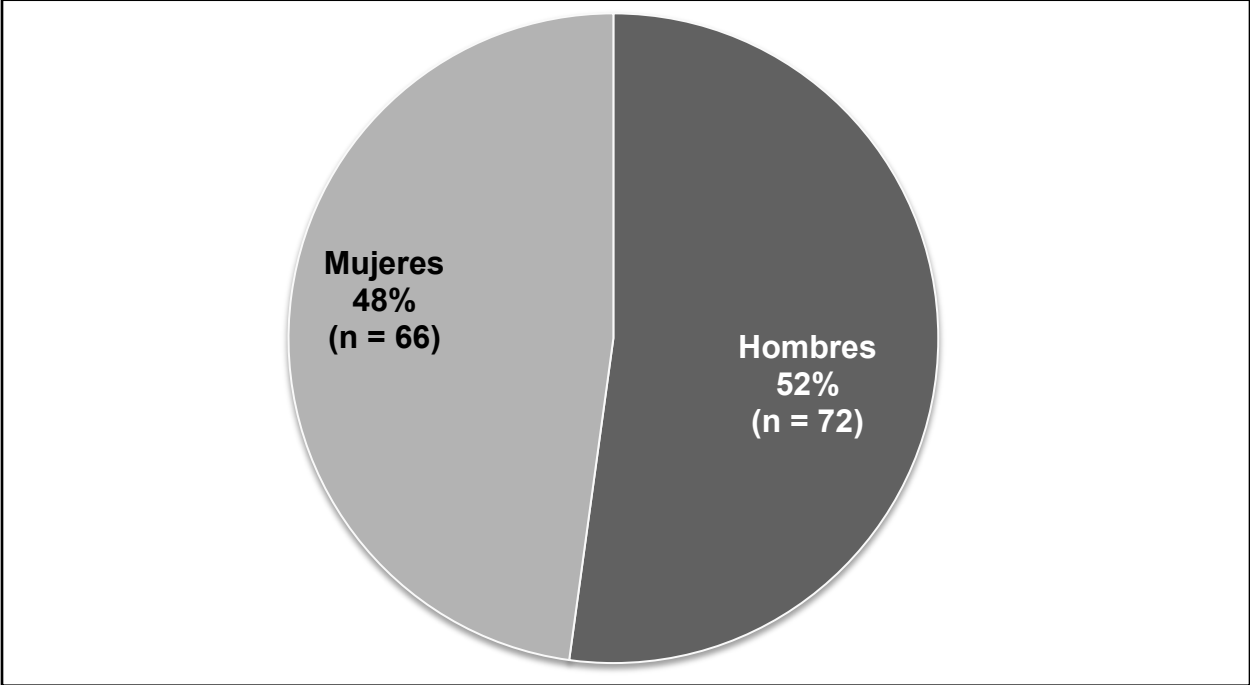
La muestra comprendió a un total de 142 trabajadores, de los cuales 4 (5.4%) fueron excluidos por presentar perfiles compatibles con discromatopsia congénita; considerando los resultados del cuestionario, de la prueba LD-15 y del cociente de ICC. Tabla 1. De esta manera, en el análisis final se integraron los datos de 138 trabajadores. La mayor proporción de los sujetos evaluados fueron hombres. Gráfica 1.

**Tabla 1. Trabajadores excluidos del universo de estudio (grupo de expuestos y no expuestos) por presentar discromatopsia congénita**

<b>Tipo de discromatopsia</b>	<b>Número de casos</b>
Protanopía	2
Deuteranopía	2

**n = 142**

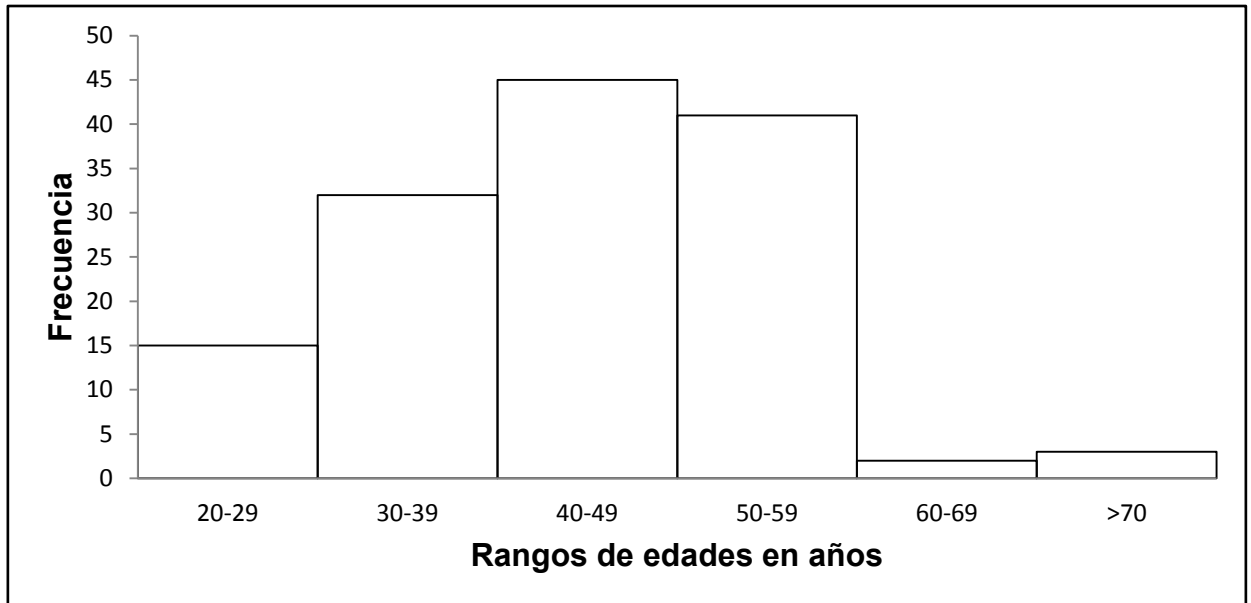
**Gráfica 1. Distribución del total de la población estudiada por género**



n = 138

En relación a la edad, la mayoría de la población se encuentra en la quinta década de la vida. Histograma 1.

**Histograma 1. Distribución de la población de trabajadores estudiada; grupo de expuestos y no expuestos, de acuerdo a su edad**



n=138



Considerando la edad y la exposición laboral a DO, ambos grupos de estudio (expuestos y no expuestos) tienen una distribución muy similar. Tabla 2.

**Tabla 2. Promedio de edad de los trabajadores estudiados por categoría de exposición**

<b>Categoría de la exposición</b>	<b>Edad en años Media (<math>\pm</math>DE)</b>	<b>Valor de <math>p^*</math></b>
No expuestos	42.7 $\pm$ 12	0.3147
Expuestos	43.9 $\pm$ 10	

\**t* de student n = 138

La prevalencia de discromatopsia probablemente adquirida en ambos ojos fue mayor en el grupo de trabajadores expuestos, sin embargo no existió una diferencia estadísticamente significativa con respecto a los resultados del grupo control. Tabla 3.

**Tabla 3. Comparación entre la presencia de discromatopsia y la exposición a disolventes orgánicos (DO), para cada ojo**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin exposición a DO (n=65)		Trabajadores con exposición a DO (n=73)		Valor de $p^*$	
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
	Sin discromatopsia	97%	95%	92%	91%	0.19
Con discromatopsia	3%	5 %	8%	9%		

\*  $\chi^2$  n=138

La media del índice de confusión cromática (ICC) resultó ser ligeramente más elevada en el grupo de expuestos que en el de no expuestos, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. Tabla 4.

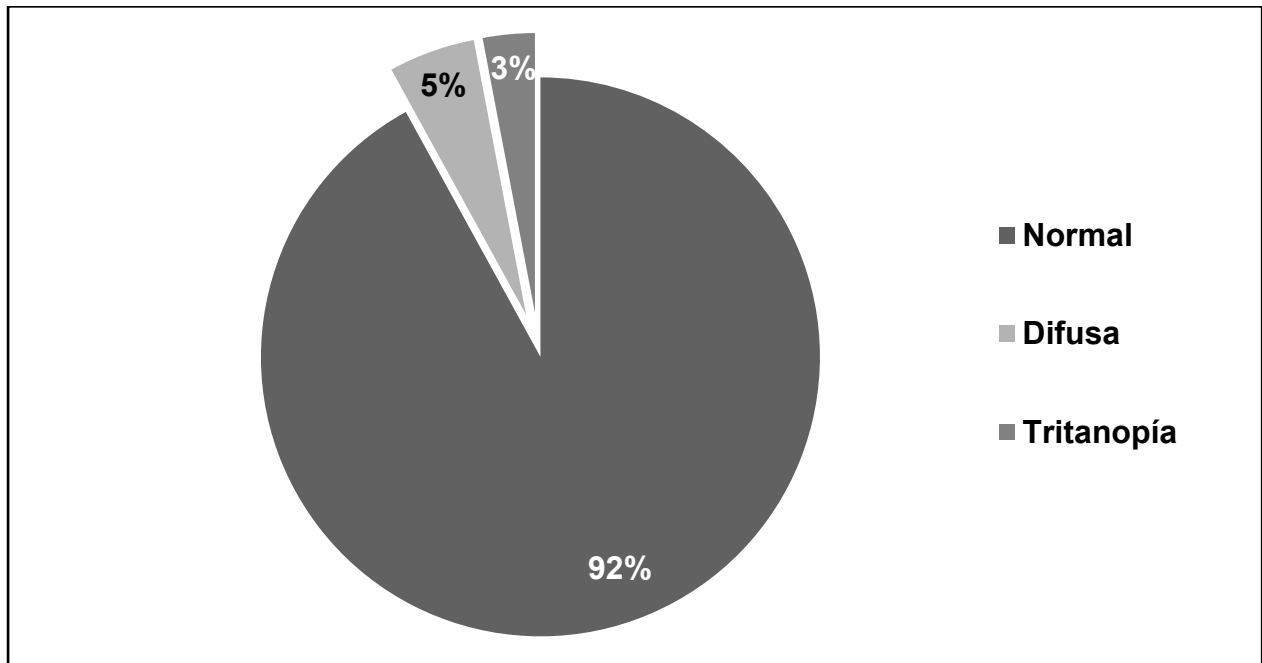
**Tabla 4. Comparación entre la media del índice de confusión cromática (ICC) de ambos ojos entre el grupo de expuestos y no expuestos a DO**

<b>Índice de confusión cromática para ambos ojos</b>			
	<b>Media</b>	<b>DE (±)</b>	<b>Valor de <i>p</i>*</b>
Expuestos	1.09	0.209	0.73
No expuestos	1.08	0.236	

\* *t* de student n=138

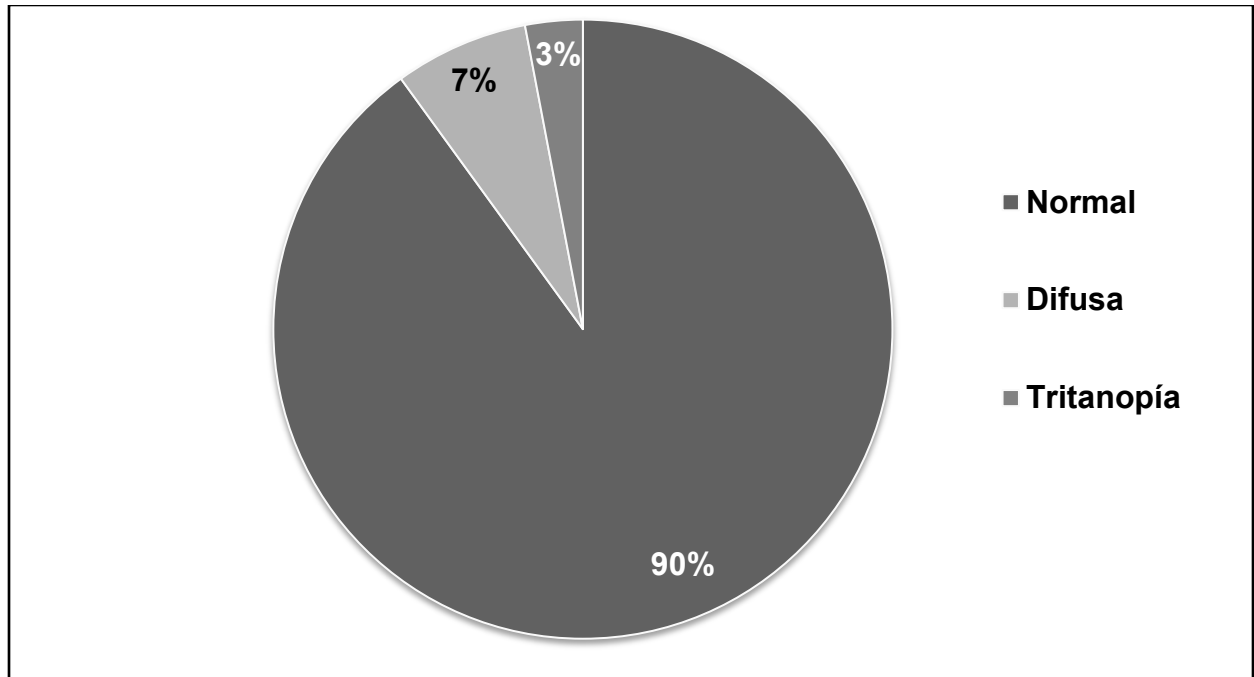
En los trabajadores expuestos, la prevalencia de discromatopsia probablemente adquirida, fue similar para ambos ojos, siendo el tipo difusa la más frecuente. Gráfica 2 y 3.

**Gráfica 2. Prevalencia de discromatopsia probablemente adquirida en el total de la población estudiada, ojo derecho**



n = 138

**Gráfica 3. Prevalencia de discromatopsia probablemente adquirida en el total de la población estudiada, ojo izquierdo**



n = 138

En el grupo de no expuestos, el tipo de discromatopsia difusa también fue el más prevalente para ambos ojos.

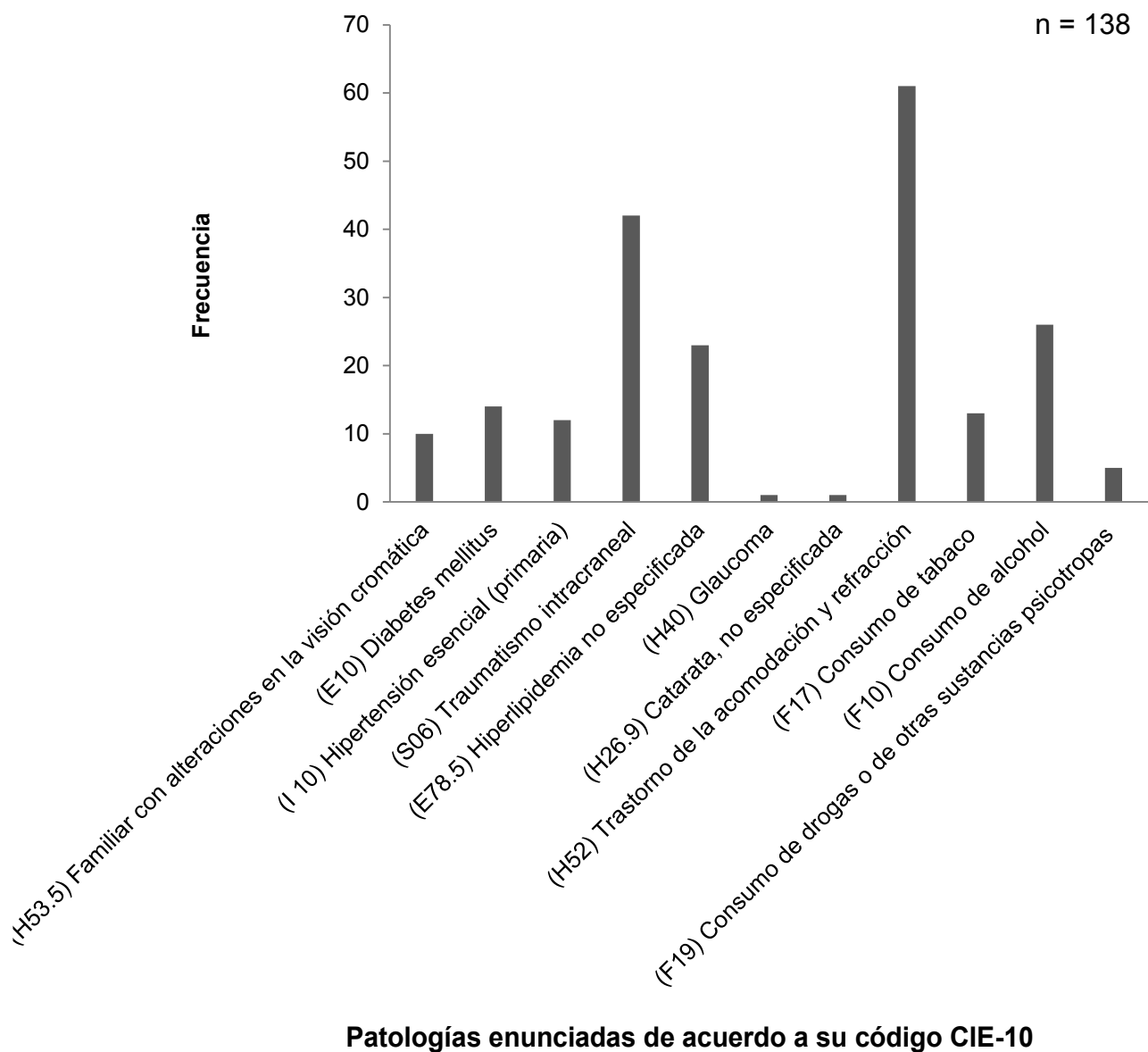
**Tabla 5. Prevalencia por tipo de discromatopsia adquirida en el grupo de trabajadores no expuestos**

<b>Diagnóstico ojo derecho</b>	<b>n</b>	<b>Prevalencia (%)</b>	<b>Diagnóstico ojo izquierdo</b>	<b>n</b>	<b>Prevalencia (%)</b>
Normal	63	96.93	Normal	62	95.40
			Protanopia	1	1.53
Discromatopsia difusa	2	3.07	Discromatopsia difusa	2	3.07

n=65

En el grupo de expuestos se investigaron diversas variables confusoras, que pueden incidir en el desarrollo de discromatopsia adquirida. Las ametropías y el antecedente de traumatismo craneoencefálico poseen la mayor proporción de casos 20% y 29% respectivamente.

**Gráfica 4. Distribución de variables confusoras para discromatopsia adquirida en la población estudiada**



Las variables confusoras que demostraron una relación estadísticamente significativa con la discromatopsia adquirida fueron: (E10) Diabetes mellitus y la (I10) Hipertensión esencial primaria (Tablas 6 y 7) ( $p < 0.05$ ). El resto de las patologías no mostró una asociación estadísticamente significativa (Tablas 8 a 13).

**Tabla 6. Comparación entre la presencia de discromatopsia y (E10) Diabetes mellitus, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin diabetes mellitus (n=124)		Trabajadores con diabetes mellitus (n=14)		Valor de $p^*$	
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
	Sin Discromatopsia	96%	95%	79%	71%	0.008
Con Discromatopsia	4%	5%	21%	29%		

\*  $\chi^2$  n=138



**Tabla 7. Comparación entre la presencia de discromatopsia y la (I10) Hipertensión primaria esencial, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin hipertensión arterial (n=126)		Trabajadores con hipertensión arterial (n=12)		Valor de $p^*$	
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
	Sin Discromatopsia	96%	94%	75%	75%	0.003
Con Discromatopsia	4%	6 %	25%	25%		

\*  $\chi^2$  n=138

**Tabla 8. Comparación entre la presencia de discromatopsia y (S06) Traumatismo intracraneal, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin traumatismo craneoencefálico (n=96)		Trabajadores con traumatismo craneoencefálico (n=42)		Valor de <i>p</i>	
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
Sin Discromatopsia	94%	93%	95%	93%	0.731	0.975
Con Discromatopsia	6%	7 %	5%	7%		
Chi <sup>2</sup>					n=138	

**Tabla 9. Comparación entre la presencia de discromatopsia e (E78.5) Hiperlipidemia no especificada, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin dislipidemias (n=116)		Trabajadores con dislipidemias (n=22)		Valor de <i>p</i>	
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
	Sin Discromatopsia	96%	95%	92%	91%	0.20
Con Discromatopsia	4%	5%	8%	9%		
Chi <sup>2</sup>					n=138	

**Tabla 10. Comparación entre la presencia de discromatopsia y (H52) Trastornos de la refracción y acomodación (ametropías), en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin ametropías (n=75)		Trabajadores con ametropías (n=63)		Valor de <i>p</i>		
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	
	Sin Discromatopsia	96%	95%	92%	90%	0.324	0.344
Con Discromatopsia	4%	5 %	8%	10%			
Chi <sup>2</sup>						n=138	

**Tabla 11. Comparación entre la presencia de discromatopsia y (F17) Consumo de tabaco, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin tabaquismo (n=75)		Trabajadores con tabaquismo (n=63)		Valor de <i>p</i>		
	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	
	Sin Discromatopsia	94%	94%	94%	88%	0.90	0.19
Con Discromatopsia	6%	6 %	6%	13%			
Chi <sup>2</sup>						n=138	

**Tabla 12. Comparación entre la presencia de discromatopsia y (F10) Consumo de alcohol, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin consumo de alcohol (n=106)		Trabajadores con consumo de alcohol (n=32)		Valor de <i>p</i>		
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	
	Sin Discromatopsia	92%	92%	97%	94%	0.22	0.48
Con Discromatopsia	8%	8%	3%	6%			
Chi <sup>2</sup>						n=138	

**Tabla 13. Comparación entre la presencia de discromatopsia y (F19) Consumo de drogas, en el total de la población estudiada**

Diagnóstico oftalmológico	Trabajadores sin consumo de drogas (n=106)		Trabajadores con consumo de drogas (n=32)		Valor de <i>p</i>		
	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo	
	Sin Discromatopsia	94%	93%	100%	89%	0.57	0.48
Con Discromatopsia	6%	7%	0%	11%			
Chi <sup>2</sup>						n=138	

Por otra parte, la media de antigüedad laboral en ambos centros de trabajo fue de 17 años y demostró una relación estadísticamente significativa con la discromatopsia adquirida en el grupo de expuestos. Tabla 14.

**Tabla 14. Comparación entre la antigüedad laboral y la discromatopsia adquirida en el total de la población estudiada**

<b>Antigüedad laboral</b>	<b>Trabajadores sin discromatopsia (n)</b>	<b>Trabajadores con discromatopsia (n)</b>	<b>Valor de <i>p</i>*</b>
< 17 años	71 (98.61%)	1 (1.39%)	0.006
> 17 años	57 (86.36%)	9 (13.64%)	
*Chi <sup>2</sup>			n=138



## VI. DISCUSIÓN

Los resultados son concordantes con los de otros investigadores; el cociente del índice de confusión cromática (ICC) es anormalmente más elevado en el grupo de expuestos, al igual que la prevalencia de discromatopsia presumiblemente adquirida, siendo el patrón difuso el más frecuente. Asimismo, se observó que la antigüedad laboral está relacionada positivamente con la discromatopsia adquirida en el grupo de expuestos.

Sin embargo, la diferencia entre las prevalencias de discromatopsia encontradas tanto en el grupo de expuestos como en el grupo control no fue estadísticamente significativa. Una posible explicación a lo anterior, es el tamaño de la muestra; por lo cual se precisa ampliar el número de sujetos a estudiar, para analizar con mayor magnitud el fenómeno de interés.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, sugieren una manifestación de oftalmotoxicidad por exposición ocupacional a una mezcla de disolventes orgánicos (benceno, tolueno y xileno); en trabajadores que tienen una antigüedad laboral promedio de 17 años. Se desconoce si el daño a nivel visual es de carácter permanente o progresivo, por lo cual es necesario realizar investigaciones ulteriores, en donde posterior a limitar la exposición de los trabajadores a estos agentes químicos, nuevamente se aplique la prueba Lanthony 15 desaturada. De esta forma sería posible comparar los resultados durante la exposición y después del retiro de la misma.

La principal limitación de esta investigación es que sólo se determinó de manera cualitativa la exposición ocupacional a disolventes orgánicos (benceno, tolueno y xileno) en la población estudiada. En el centro de trabajo se tiene un programa de vigilancia a la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a disolventes orgánicos, en el cual se realiza una vez al año el monitoreo biológico de la exposición química laboral, por lo que es factible efectuar un análisis cuantitativo entre los resultados del mismo y la evaluación cromática con la prueba LD-15.

La relación entre la exposición a disolventes orgánicos y alteraciones en el Sistema Nervioso, sustenta que la detección temprana de cambios neurofisiológicos en trabajadores expuestos sea una prioridad. El diagnóstico precoz de éstos permite tomar decisiones preventivas antes de que se produzcan lesiones irreversibles por estos agentes.

## VII. CONCLUSIONES

En la población evaluada, los trabajadores expuestos a una mezcla de disolventes orgánicos (benceno, tolueno y xileno) poseen un riesgo incrementado a desarrollar discromatopsia adquirida, lo cual también está relacionado con la antigüedad laboral.

Para identificar algunas de las causas de la exposición en este grupo de trabajadores, se precisa realizar en ambos centros de trabajo una evaluación de las condiciones de seguridad e higiene en las áreas operativas, así como una inspección detallada en torno al tipo y uso de equipo de protección personal específico, que se otorga a la plantilla de trabajadores.

La valoración del color se presenta como un medio eficaz para verificar las alteraciones neurofisiológicas precoces a nivel visual y, por ende, como un método sencillo y rápido de monitoreo del efecto de ciertas sustancias neurotóxicas.

Diversos estudios y la presente investigación, demuestran que la prueba Lanthony 15 desaturada, debido a su simplicidad y rapidez tanto para su realización como para su interpretación, es un instrumento adecuado y recomendable para la detección de discromatopsias adquiridas.

En Petróleos Mexicanos existen cerca de 1190 trabajadores expuestos de manera ocupacional a disolventes orgánicos, debido a los procesos productivos en los cuales se desempeñan. Este número de trabajadores es susceptible de manifestar efectos neurotóxicos, por lo cual resulta pertinente y necesario optimizar las estrategias para la vigilancia a la salud de este personal ocupacionalmente expuesto.

El propósito de esta investigación fue identificar los efectos producidos a nivel oftalmológico para la discriminación al color por sustancias neurotóxicas. En este sentido se hace referencia al espíritu más significativo de la Salud en el Trabajo:

Promover, mantener e impulsar el más alto grado de bienestar físico, mental y social en todas las profesiones; prevenir todo mal causado a la salud de los trabajadores causado por las condiciones de empleo y protegerlos contra los riesgos resultantes de la presencia de agentes perjudiciales para su salud.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1

**FRECUENCIA DE DISCROMATOPSIA ADQUIRIDA EN UN GRUPO DE  
TRABAJADORES MEXICANOS OCUPACIONALMENTE EXPUESTO A UNA  
MEZCLA DE DISOLVENTES ORGÁNICOS (BENCENO, TOLUENO Y XILENO),  
DURANTE EL PERIODO DE ENERO A JUNIO DE 2015**

### INSTRUMENTO GENERAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha			
Nombre:			Folio
1.) Género 1. Masculino ( ) 2 Femenino ( )	2). Edad _____ años	3) Fecha de nac. _____	4) Peso _____ 5) Estatura _____
7) Jornada			
8) Centro de Trabajo			
9) Planta de Trabajo			
10) Departamento			
11) Antigüedad en el taller _____ años			
13) Antigüedad en PEMEX _____ años			
<b>Apartado de Antecedentes Personales Patológicos y Hereditarios y Familiares de interés</b>			
14) Alguna vez ha tenido dificultad para identificar los colores			
0) No		1) Sí	
Explique			
15) ¿Le han diagnosticado dificultad para identificar los colores?			
0) No		1) Sí	
Explique: 2) Alteración para detectar el color verde 3) Alteración para detectar el color rojo 4) Alteración para detectar el color azul			
16) ¿Sabe si alguno de sus familiares cercanos sufre de algún problema relacionado con la visión de los colores?			
0) No		1) Sí	
17) ¿Quién de ellos?			
1) Padres		2) Hermanos	
6) Abuelos		3) Tíos	
		4) Hijo(s)	
		5) Primos	



- 1) Disolventes
- 2) Marihuana
- 3) Cocaína
- 4) Otros

**Apartado de antecedentes laborales**

**31.- Antecedentes laborales previos**

Trabajo	Empresa	Producto	Antigüedad	¿Utilizaban Disolventes?		Cantidad en litros	¿Usaban mascarillas?		¿Soldaban con plomo?		¿Usaban mascarillas?	
				No-0	Sí-1		No-0	Sí-1	No-0	Sí-1	No-0	Sí-1

**32.- Antecedentes laborales previos en PEMEX**

Categoría	Depto.	Antigüedad	¿Utilizaban Disolventes?		Cantidad en litros	¿Usaban mascarillas?		¿Soldaban con plomo?		¿Usaban mascarillas?	
			No-0	Sí-1		No-0	Sí-1	No-0	Sí-1	No-0	Sí-1

**33.- Actividades laborales actuales en PEMEX**

33.1) ¿Cuál de los siguientes productos químicos utilizó en su proceso de trabajo?

33.1.1) Benceno    33.1.2) Tolueno    33.1.3) Xileno    33.1.4) Etilbenceno

33.1.5) Mezcla de disolventes    33.1.6) Otro (Especifique) \_\_\_\_\_

34) ¿Estuvo usted en contacto directo con el producto químico?

0) No

1) Sí

<p>35) ¿En qué tipo de espacio realizó sus actividades?  1) Espacio abierto            2) Espacio cerrado</p>
<p>36) ¿Cuánto tiempo utilizó para desarrollar sus actividades?  1) Horas _____ 2) Minutos _____</p>
<p>37) ¿Cuántas veces realizó tales actividades? (Frecuencia de la exposición o número de veces que realizó tal tarea o actividad durante la jornada de trabajo  1) _____ (número)</p>
<p>37) ¿Utilizó equipo de protección personal específico (EPPE)?  0) No                            1) Sí</p>
<p>38) ¿Cuál de los siguientes fue el EPPE que utilizó?  1) Respirador de vapores orgánicos    2) Respirador de gases ácidos  3) Mascarilla para polvos            4) Equipo Autónomo con suministro de aire</p>
<p>39) ¿Utilizó guantes?  0) No                            1) Sí</p>
<p>40) ¿Qué tipo de guantes utilizó?  1) Guantes de nitrilo    2) Guantes de carnaza    3) Guantes de algodón  4) Guantes de neopreno</p>
<p>41) ¿Realizó trabajos de pintura con alguna de las siguientes técnicas?  1) Brocha    2) Aspersión</p>
<p>42) ¿Utilizó pinturas con base disolvente?  1) No                            2) Sí</p>

**Aplicó:**



## ANEXO 2

### FORMATO PARA REGISTRO DE RESULTADOS TEST DE LANTHONY D-15

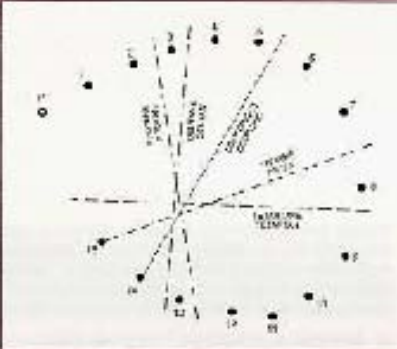
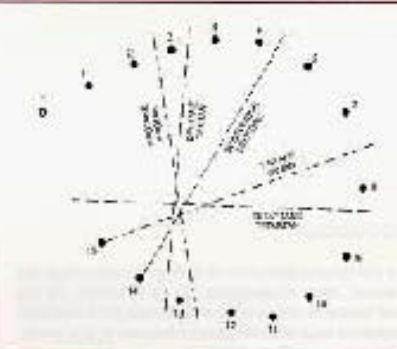
**PANEL D-15 DESATURADO** Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ n° HG: \_\_\_\_\_

---

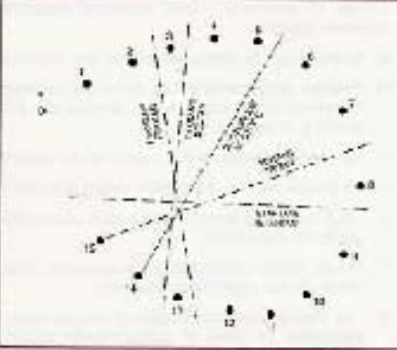
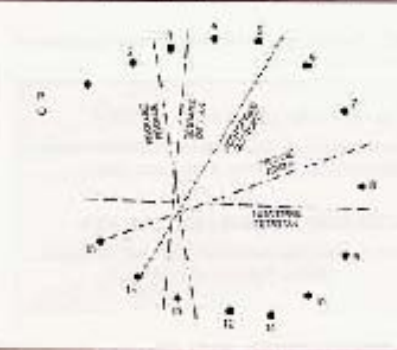
**OJO DERECHO**

TEST															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RETEST															

**OJO IZQUIERDO**

TEST															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RETEST															

**DIAGNÓSTICO:**

Fuente: Solé, MD. 2008. Neurotoxicidad, estudio de la visión cromática Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

## ANEXO 3

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Forma CI-001

#### PETRÓLEOS MEXICANOS HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Nombre del paciente: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ años de edad.

Con domicilio en: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ y N° de Ficha: \_\_\_\_\_

Nombre del representante legal, familiar o allegado: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ años de edad.

Con domicilio en: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ y N° de Ficha: \_\_\_\_\_

En calidad de: \_\_\_\_\_

#### DECLARO

QUE EL(A) DOCTOR(A): ARTURO ALEJANDRO MASCORRO VILLASEÑOR

Me ha invitado a participar en el estudio denominado: **“FRECUENCIA DE DISCROMATOPSIA ADQUIRIDA EN UN GRUPO DE TRABAJADORES MEXICANOS OCUPACIONALMENTE EXPUESTO A UNA MEZCLA DE DISOLVENTES ORGÁNICOS (BENCENO, TOLUENO Y XILENO), DURANTE EL PERIODO DE ENERO A JUNIO DE 2015”**

El cual consiste en la aplicación de la Prueba de Lanthony Desaturada 15 (LD-15). En ella se deben ordenar 15 fichas de acuerdo a sus matices de color. Por otra parte, se requiere tener acceso a los resultados personales de los Monitoreos Biológicos practicados para registrar los Índices Biológicos de Exposición (IBE's) a Disolventes Orgánicos (DO) presentes en el lugar de trabajo. El objetivo de esta investigación es detectar posibles alteraciones en la percepción de la visión cromática y su relación con factores de riesgo laboral. El presente estudio sólo se realizará una vez que se haya obtenido la aprobación del Comité de Ética en la Investigación del Hospital Central Sur de Alta Especialidad. Los resultados del estudio, sólo serán utilizados para este proyecto de investigación, no se empleará con otros fines ni se realizarán otras pruebas. La información que se obtenga, se mantendrá bajo resguardo del investigador principal; Dr. Arturo Alejandro Mascorro Villaseñor a través de su computadora personal y nadie más tendrá acceso a ella. No se utilizará en ningún momento el nombre ni la ficha del trabajador en los datos almacenados, por lo que la confidencialidad queda asegurada. La información se mantendrá una total confidencialidad respecto a los datos de los participantes. Los resultados obtenidos no afectarán de manera negativa, la relación entre la empresa Petróleos Mexicanos y el trabajador. El trabajador podrá retirarse del estudio en cualquier momento que desee hacerlo.

A partir de los resultados, se emitirán recomendaciones, a las autoridades del Centro de Trabajo y al Servicio Médico, guardando la confidencialidad del estudio y de los participantes, para que se adopten las medidas preventivas convenientes. Asimismo, se otorgarán recomendaciones de forma directa y clara al trabajador estudiado, en caso de presentar alguna deficiencia en la visión cromática (protanopía, deuteranopía y tritanopía) detectada a partir de la prueba LD-15, se le explicarán los posibles riesgos que conlleva esta condición y se le instará a acudir con su médico general, en su unidad de adscripción, para que lo canalice al área médica correspondiente y reciba asesoría por el especialista.

En todo momento se observará la confidencialidad de la información y de los sujetos que participen en el estudio. La única finalidad es mejorar la calidad de vida en el trabajo.

1 de 3

He comprendido las explicaciones que se me han facilitado en un lenguaje claro y sencillo, y el médico que me ha atendido me ha permitido realizar todas las observaciones y me ha aclarado todas las dudas que le he planteado.

Por ello, manifiesto que estoy satisfecho con la información recibida y que comprendo el alcance y los riesgos del estudio.

Del mismo modo designo a \_\_\_\_\_ para que exclusivamente reciba información sobre mi estado de salud, diagnóstico, tratamiento y/o pronóstico

Y en tales condiciones

## CONSENTO

En participar en el estudio: **“FRECUENCIA DE DISCROMATOPSIA ADQUIRIDA EN UN GRUPO DE TRABAJADORES MEXICANOS OCUPACIONALMENTE EXPUESTO A UNA MEZCLA DE DISOLVENTES ORGÁNICOS (BENCENO, TOLUENO Y XILENO), DURANTE EL PERIODO DE ENERO A JUNIO DE 2015”**

Me reservo expresamente el derecho a revocar mi consentimiento en cualquier momento antes de que el procedimiento objeto de este documento sea una realidad.

En México, D.F., a los \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL MEDICO TRATANTE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

.....  
Este apartado deberá llenarse en caso de que el paciente revoque el Consentimiento

Nombre del paciente: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ años de edad.

Con domicilio en: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ y N° de Ficha: \_\_\_\_\_

Nombre del representante legal, familiar o allegado: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ años de edad.

Con domicilio en: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ y N° de Ficha: \_\_\_\_\_

En calidad de: \_\_\_\_\_

Revoco el consentimiento prestado en fecha \_\_\_\_\_ y no deseo proseguir el  
tratamiento, que doy con esta fecha por finalizado, eximiendo de toda responsabilidad médico-legal al médico  
tratante y a la Institución.

En México, D.F., a los \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL MEDICO TRATANTE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA TESTIGO

## ANEXO 4

### GLOSARIO

**Acromatopsia.-** Alteración completa de la visión cromática; ceguera total a los colores.

**Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral.-** Aquellas sustancias o mezclas capaces de modificar las condiciones ambientales del centro de trabajo que, por sus propiedades, concentración, nivel y tiempo de exposición o acción, pueden alterar la salud de los trabajadores.

**Cono.-** Población celular de la retina especializada en percibir las longitudes de onda de luz visible que integran al color. También se le conoce como fotorreceptor cónico.

**Deuteranopía.-** Deficiencia para la identificación del tono verde-amarillo por alteración de los conos sensibles al color verde.

**Discromatopsia.-** Alteración en la visión cromática que consiste en una deficiencia parcial para la identificación de los colores. Pueden ser hereditarias (es decir, consecuencia de un desarrollo incompleto del sentido de la visión) o adquiridas (consecuencia de la exposición a ciertos agentes químicos, secundarias a enfermedades oculares o sistémicas o resultado de un traumatismo craneal).

**Disolventes orgánicos (DO).-** Son compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes, para disolver materias primas, productos o materiales residuales, como agente de limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas y el disolvente se evapora.

Entre los disolventes orgánicos más utilizados a nivel industrial se encuentran el **benceno**, el **tolueno** y el **xileno**. Cuando las tres sustancias forman parte de una misma mezcla, frecuentemente se le denomina **mezcla BTX**.

**Índice de confusión cromática (ICC).**- Es la determinación de la diferencia aritmética que existe entre cada tono; a partir de ésta se obtiene el Puntaje de Diferencia Total del Color. El puntaje ideal es aquél calculado a partir de un test sin ningún error. Bowman estableció, asimismo, los Puntajes de Diferencia Total del Color ideales para los distintos grupos de edad. Cuando un sujeto realiza el test, se obtiene su Puntaje de Diferencia Total del Color y se calcula el Índice de Confusión Cromática, que es el cociente entre el Puntaje de Diferencia Total del Color del sujeto y el Puntaje de Diferencia Total del Color ideal para su edad. Cuando este índice es mayor de 1 significa que existe una discromatopsia, mayor o menor según su cuantía.

**Personal ocupacionalmente expuesto (POE).**- Aquellos trabajadores que en ejercicio y con motivo de su ocupación están expuestos a agentes químicos contaminantes del ambiente laboral.

**Protanopía.**- Deficiencia para la identificación de tonalidades rojo-verde por alteración de los conos sensibles al color rojo.

**Riesgo(s) a la salud.**- La probabilidad de que una sustancia química pueda causar directa o indirectamente lesión temporal, permanente o la muerte del trabajador por ingestión, inhalación o contacto.

**Sustancias químicas peligrosas.**- Aquellas que por sus propiedades físicas y/o químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o procesadas, presentan la posibilidad de riesgos de explosividad, inflamabilidad, combustibilidad, reactividad, corrosividad, radiactividad, toxicidad o irritabilidad, y que al ingresar al organismo por vía respiratoria, cutánea o digestiva, pueden provocar a los trabajadores

expuestos intoxicación, quemaduras o lesiones orgánicas, según el nivel, concentración de la sustancia y tiempo de exposición.

**Test de Fansworth-Munsell 100 Hue, 28 Hue o 15 Hue (FM H-100, FM H-28, FM H-15).** - Método para evaluar la visión cromática. Consta de una serie de fichas en cuya superficie se encuentra una lámina con alguna tonalidad de color. El sujeto evaluado debe alinear la serie de fichas de acuerdo a su color y tonalidad.

La prueba completa consta de 100 fichas (100Hue); aunque también existen otras formas abreviadas de ésta, las cuales poseen 28 y 15 fichas (28 Hue y 15 Hue, respectivamente).

Es uno de los test más sensible para los identificar defectos congénitos y adquiridos, pues permite clasificarlos y su severidad. Cada una de las tres formas de discromatismo produce fallo en un meridiano específico de una gráfica circular que queda por detrás del test.

**Test de Ishihara.-** Método diseñado para evaluar la visión cromática. Se compone de una serie de láminas que contienen dos tonalidades en forma de puntos coloreados de tamaño e intensidad variable que delimitan números o líneas. Las personas con una adecuada capacidad para distinguir los colores, pueden identificar tales patrones, sin embargo, sujetos con algún tipo de deficiencia en la visión cromática, los ven del mismo color (en tonalidades grisáceas).

Es útil en la identificación de anomalías congénitas al eje rojo-verde (protanopías), pero no determinan la severidad de la discromatopsia, ni los defectos para el azul-amarillo (tritanopías).

**Test de Lanthony desaturado 15 (LD-15).**- Prueba para identificar la discriminación de los colores. Está constituida por 15 pastillas móviles de diferentes colores que la

persona debe ordenar según disposición cromática, a partir de una pastilla de referencia fija. Las pastillas son numeradas en su parte posterior. Su disposición se registra en un diagrama que permite identificar la naturaleza de una eventual lesión, es decir permite clasificar la discromatopsia como congénita o adquirida.

**Tritanopía.-** Deficiencia para la identificación de tonalidades azul-amarillo por alteración de los conos sensibles al color azul.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gómez MD. Neurotoxicity: colour vision evaluation. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2005)
2. Fletcher EC, Chong NV. *Vaughan y Asbury. Oftalmología general*. Mc Graw Hill Lange. (2012) China. pp 219-220
3. Ramos G. Neurotoxicidad por solventes orgánicos. *Acta Neurol Colomb* (2004); 20:4
4. Jiménez IA. Visión cromática en trabajadores de lavanderías de Usaquén y Suba. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. (2008):11:59-65.
5. Nakatsuka H, Watanabe T, Takeuchi Y, Hisanaga N, Shibata E, Suzuki H, Huang MY, Chen Z, Qu QS y Ikeda M. Absence of blue-yellow color vision loss among workers exposed to toluene or tetrachloroethylene, mostly at levels below occupational exposure limits. *Int Arch Occup. Environ. Health*. (1992); 64(2):113-117.
6. Gobba F. Color vision: a sensitive indicator of exposure to neurotoxins. *Neurotoxicology*, (2000) 21, (5): 857-862.
7. Marré E y Marré, M. The influence of the three color vision-mechanisms on the spectral sensitivity of the fovea. *Mod Probl Ophthalmol*, (1972). 11: 219-223.
8. François J, Verriest G, Francois P y Asseman R. Comparative study of acquired dyschromatopsia associated with different types of heredo-familial optic atrophy. *Ann Ocul*, (1969); 194: 217-35
9. Voke-Fletcher J y Fletcher R. J. A case of tritanopia. *Mod Probl Ophthalmol*, (1978); 19: 229-231.
10. Lomax RB, Ridgway P y Meldrum, M. Does occupational exposure to organic solvents affect colour discrimination? *Toxicol Rev*, (2004); 23(2): 91-121.
11. Lee HE, *et al*. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. *Neurotox*, (2006); 1-8.

12. Montenegro MB, Barón GM. Caracterización de las alteraciones de la visión a colores en una población cautiva. (2011). Hospital Universitario La Samaritana. Colombia
13. Solé MD.. Neurotoxicidad, estudio de la visión cromática Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2008)
14. García J *et al.* Validez del test de Ishihara en la detección de alteraciones cromáticas en pacientes diabéticos. *Gaceta Óptica*, (2003). 368: 10-15.
15. Uribe ME. Neuropatías craneales ocupacionales. En *Guía Neurológica No. 2 Asociación Colombiana de Neurología*. Exlibris Editores. Santa Fe de Bogotá. (2009). pp 219-228
16. González *et al.* Increased acquired dyschromatopsia among solvent-exposed workers: an epidemiology study on 249 employees of an aluminum-foil printing factory. *Arch Occup Environ Health* (1998) 71: 317- 324.
17. Mergler D, Bélanger S, De Grosbois S y Vachon N. Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure among printshop workers. *Toxicology*. 1988. May;49(2-3):341-8.
18. Attarchi MS, Labbafinejad Y, Mohammadi S. Occupational exposure to different levels of mixed organic solvents and colour vision impairment. *Neurotoxicology and Teratology* 32 (2010) 558–562
19. Sharanjeet K, Mursyid A, Kamaruddin A, Ariffin A. Effect of petroleum derivatives and solvents on colour perception. *Clin Exp Optom*. 2004 Jul;87 (4-5):339-43.
20. Lee EH, Paek D, Kho YL, Choi K, Chae HJ. Color vision impairments among shipyard workers exposed to mixed organic solvents, especially xylene. *Neurotoxicology and Teratology* 37 (2013) 39–43
21. Paramei G, Meyer-Barón M y Seeber A. Impairments of Colour Vision Induced by Organic Solvents: A Meta-Analysis Study. *NeuroToxicology* 25 (2004) 803–816.
22. Mercado FA. Introducción a los Índices Biológicos de Exposición Química Laboral. *Rev. Mex de Salud Pú. 2010.* (6) 16-22
23. Gobba F, Cavalleri A. Color vision Impairment in Workers Exposed to Neurotoxic Chemicals. *Neurotoxicology* 24 (2003) 693-702

24. Lee EH, Eum KD, Cho SI, Cheong HK, Paek D. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. *Neurotoxicology* 28 (2007) 356-363
25. Iregren A, Andersson M, Nylén P. Color vision and occupational chemical exposures: I. An overview of test and effects. *Neurotoxicology* 23 (2002) 719-733.