



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos  
Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de  
pinturas y sector informal.**

**Autor**

**JUAN DAVID OSORIO ROBLEDO**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad Nacional de Salud Pública**

**Medellín, Colombia**

**2023**

**Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.**

**JUAN DAVID OSORIO ROBLEDO**

Tesis o trabajo de grado optar al título de  
**Magister en Seguridad y Salud en el Trabajo**

Asesora:

**Dra. Mónica Lucía Soto Velásquez, PhD**

Grupo de Investigación:  
**Medicina del trabajo**

**Universidad de Antioquia  
Facultad Nacional de Salud Pública  
“Héctor Abad Gómez”  
Medellín, Colombia  
2023**



## **Lista de anexos**

- Anexo 1. Tabloide invitación a la comunidad
- Anexo 2. Consentimiento informado Encuesta socio demográfica y de antecedentes
- Anexo 3. Cuestionario de síntomas Q16
- Anexo 4. Encuesta socio demográfica y de antecedentes
- Anexo 5. Instrumentos para valoración visión del color Formato de remisión
- Anexo 6. Variables aplicación colinealidad diagnóstica
- Anexo 7. Aval CEI Enmienda FNSP – UdeA



1 8 0 3

## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

### Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

## RESUMEN

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), incluyendo los hidrocarburos aromáticos, son sustancias químicas con propiedades lipofílicas que explican su neurotoxicidad. La discromatopsia adquirida (DA) es un efecto subclínico, especialmente sensible como marcador temprano antes de que se manifiesten otros efectos debido a la toxicidad crónica. Este estudio comparó la frecuencia de DA en tres grupos de trabajadores expuestos a COV: GES#1, compuesto por trabajadores de laboratorios universitarios (grupo de referencia); GES#2, trabajadores de una planta de pinturas; y GES#3, trabajadores del sector productivo informal. En los 67 participantes, se encontró una prevalencia de casos de DA del 17,91%. La frecuencia más alta de DA se observó en los trabajadores del sector informal, seguido por los pintores y los laboratoristas (grupo de referencia). El análisis de regresión múltiple reveló que, en comparación con el GES#1, los pintores del GES#2 tuvieron 4,3 veces la probabilidad de presentar DA, mientras que para los trabajadores informales del GES#3 fue 8,6 veces. La creación de grupos de exposición similar (GES) es una estrategia útil para comparar y situar el conocimiento sobre los efectos de la salud y la enfermedad derivados de las diferencias en las condiciones y prácticas de los procesos productivos. Los resultados de esta investigación resaltan la necesidad de mejorar el monitoreo de la salud de los trabajadores más vulnerables, quienes realizan sus labores en procesos productivos peligrosos y en condiciones sociolaborales de informalidad. Al visibilizar este problema social, se espera fomentar la búsqueda continua de entornos productivos saludables y, en consecuencia, más justos.

**Palabras clave:** discromatopsia; defectos en la visión del color; exposición ocupacional; grupos de exposición similar (GES); Compuestos Orgánicos Volátiles (COV); discromatopsia; defectos de la visión de color; solventes orgánicos; exposición ocupacional.

## ABSTRACT

Volatile Organic Compounds (VOCs), including aromatic hydrocarbons, are chemical substances with lipophilic properties that explain their neurotoxicity. Acquired discromatopsia (AD) is a subclinical effect, particularly sensitive as an early marker before other effects manifest due to chronic toxicity. This study compared the frequency of AD in three groups of workers exposed to VOCs: GES#1, consisting of university laboratory workers (reference group); GES#2, workers in a paint factory; and GES#3, informal sector workers. Among the 67 participants, a prevalence of AD cases of 17.91% was found. The highest frequency of AD was observed in informal sector workers, followed by painters and laboratory workers (reference group). The Q16 neurologic symptoms questionnaire also showed a similar gradient of neurological symptoms in these groups (83% GES#3, 56% GES#2, and 30.56% GES#1). Multiple regression analysis revealed that, compared to GES#1, painters from GES#2 had 4.3 times the odds of presenting AD, while informal sector workers from GES#3 had 8.6 times the odds. Creating similar exposure groups (GES) is a useful strategy for comparing and situating knowledge about the health and disease effects derived from differences in conditions and practices in productive processes. The results of this research highlight the need to improve health monitoring for the most vulnerable workers, who engage in hazardous productive processes and work under informal socio-labor conditions. By raising awareness of this social issue, it is hoped that the search for healthy and fair productive environments will persist.

**Keywords:** Dyschromatopsia; Acquired Color Blindness; Occupational Exposure Color Vision Defects; Similar Exposure Groups; Volatile Organic Compounds-VOC.



## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire ha sido uno de los principales problemas de salud a nivel mundial. Una publicación sobre la evaluación del nivel de compuestos orgánicos volátiles-COV en lugares de trabajo reporta que el efecto combinado de la contaminación del aire exterior e interior provoca alrededor de siete millones de muertes prematuras al año (1).

Los compuestos orgánicos volátiles-COV, son sustancias químicas que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente, debido a que su punto de ebullición está entre 50 °C y 250 °C. Los COV incluyen hidrocarburos aromáticos (como el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), alifáticos, aldehídos, cetonas, éteres, ácidos y alcoholes; con diversos grupos funcionales (halógenos, oxígeno, azufre, nitrógeno o fósforo, excluyendo óxidos de carbono y carbonatos (2). Las fuentes de emisión de COV están presentes tanto en ambientes interiores como exteriores (3). Los COV se liberan en el medio ambiente a través de diversas fuentes, como la quema de combustibles, la industria y los productos de cuidado personal. Varios estudios han demostrado que la exposición a los COV en el aire provoca efectos en la salud a corto y largo plazo, como molestias en la nariz y la garganta, alergias, náuseas, dolor de cabeza, trastornos visuales como alteraciones en la visión de color o discromatopsias adquiridas-DA y deterioro de la memoria, daños en el hígado y los riñones, asma e incluso cáncer (1,4).

Los COV son compuestos lipofílicos e inertes capaces de pasar a través de las membranas biológicas, y su toxicidad depende básicamente de su biotransformación dentro del cuerpo (2) afectando la salud humana inclusive a bajas concentraciones, aunque no superen los límites permisibles de exposición ocupacional o TLV por sus siglas en inglés (5,6,7). La lipofilia de los COV explicaría sus efectos multisistémicos, distribuyéndose fácilmente en el sistema nervioso central (8), la médula ósea y los tejidos altamente vascularizados ricos en lípidos. Una variedad de metabolitos causaría estrés oxidativo, interrupción de rutas de señalización celular, mutagénesis y carcinogénesis; activando distintos mecanismos precursores de toxicidad en diferentes órganos y sistemas (5,6,9).

Las discromatopsias dependiendo de su origen se clasifican en congénita o hereditaria (también conocida como daltonismo) y las discromatopsias adquiridas-DA (10,11,12). Las DA pueden ser causadas por muchos factores, por alteraciones de los medios transparentes del ojo (cataratas), por daño de la retina (degeneración macular asociada a la edad), tóxicos (alcohol, tabaquismo) (13), por patologías de origen infeccioso y por alteraciones del nervio óptico (14,15,16), y por exposición laboral a los COV (2,4,17); por lo que el origen de las DA debe ser bien investigada.



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

El estudio de las DA ha sido de especial interés investigativo en trabajadores de algunas industrias, como son las fábricas de adhesivos (4), de plásticos y de fibra de vidrio (5,9,18,19,20), de estaciones de servicio de gasolina (21), tintorerías (22), mecánicos y pintores automotrices (23); reportándose la presencia de toxicidad retiniana y del nervio óptico como posible efecto de los COV (8,4); el reporte de defectos del eje azul-amarillo (24) sugeriría un daño crónico de las vías neuro-ópticas (23,25,21,19,26,27,28). La DA parece ser un efecto subclínico especialmente útil como marcador temprano antes de que se manifiesten otros efectos por toxicidad crónica a los COV (23,29,30,31,32,33); por lo que la aplicación de diferentes pruebas cromáticas para medir la capacidad de diferenciar unos colores de otros, han demostrado su utilidad como tamizaje antes de que se manifiesten síndromes neurológicos irreversibles, en personas expuestas a COV (34), además por ser de fácil y rápida aplicación, bajo costo y alta sensibilidad (35,15,33). En la Tabla 1 se observa que los estudios muestran gran variabilidad en el rango del tiempo de exposición (entre 5 y 27 años, con probable sinergismo entre diferentes COV, con frecuente correlación positiva entre los niveles de exposición y los valores de CCI) (34), o la aparición subclínica de DA aun en concentraciones adecuadas (límite de tolueno de 50ppm) (35), con excepción de la DA asociada a la exposición al Hexano, los estudios muestran que no hay reversión del daño de DA, que continuaban presentes a pesar del cese de la exposición mostrando exposición acumulada, especialmente para el tolueno (36).

Detectar la presencia de DA, debería movilizar la intervención oportuna en búsqueda de otros síntomas neurológicos antes de que vuelvan irreversibles (29,37,38,33,39). La GATISO-BTX-EB (34) como parte integral de la estrategia de la vigilancia médica en las personas expuestas a COV, además de las pruebas cromáticas, recomienda aplicar diferentes baterías para la vigilancia de síntomas neuro-comportamentales en las valoraciones ocupacionales periódicas, buscando posibles efectos en la conducta, en las funciones cognitivas, memoria y del estado del ánimo (40,41,42,33,43). El "cuestionario 16" (Q16) es un instrumento autoadministrado que se usa para determinar la presencia de síntomas neurotóxicos entre trabajadores expuestos a COV (44), con 16 preguntas divididas en tres dimensiones (cognoscitiva, neurocognitiva y motora), seis o más respuestas positivas darían un Q16 alterado, relacionado con el incremento acumulativo por exposición a solventes y debe remitirse para pruebas neuropsicológicas completas.

En cuanto a las pruebas cromáticas, poseen una capacidad variable para diagnosticar y clasificar las alteraciones de visión de color; en cuanto a sensibilidad y especificidad tenemos que las de ordenación de Farnsworth-Munsell100 Hue - FM100 es de 1,0 y 0,83-0,94 respectivamente, la de Lanthony d-15 tiene una sensibilidad para el protán/deután entre el 0,84-0,92 y para el tritán del 0,51 (45) y especificidad entre el 0,83-0,94 en el eje protán/deután y del



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-  
 COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

0,77 en el tritán. Las láminas pseudoisocromáticas de HRR (Hardy Rand and Rittler) presentan una sensibilidad de 1,0 y 0,70 (en los ejes rojo-verde y amarillo-azul respectivamente) y una especificidad de 1,0 en cualquier eje (45); con el test de Ishihara solo es posible evaluar el eje protán/deután con una sensibilidad de 0,85-0,93 (46) y especificidad de 0,95-0,98 (36,15,33,47).

**Tabla 1.** Actividades productivas y su relación con neurotoxicidad por exposición a diferentes COV: análisis de 14 estudios publicados

COV	Actividad productiva	Alteraciones	Tiempo/intensidad de exposición	Reversión del daño
<b>n-hexano (23,4)</b>	Extracción de aceite vegetal, fabricación de vendajes adhesivos mecánicos automotrices.	OCULAR: Toxicidad retiniana por daño macular, ausencia de reflejo foveal, <b>DA</b> , cambios en el pigmento macular. La DA en azul-amarillos fue la más común.	Trabajadores con una exposición <b>igual o mayor a 5 años (rango 5 a 21 años)</b> con mediciones por debajo de 500 ppm (partes por millón) con picos de hasta 3000 ppm. Ex mecánicos activos entre <b>15 y 31 años</b> expuestos a concentraciones de hexano bajas en relación con los límites reglamentarios. La acetona puede potenciar la neurotoxicidad del n-hexano.	Luego de 5 a 13 años desde el cese de exposición al hexano sugiere que los defectos de DA pueden revertir.
<b>Estireno (5,9,18,19)</b>	Plantas manufactureras de plásticos reforzados con fibra de vidrio.	OCULAR: Cambios tanto en los fotorreceptores como en la retina. DA de tipo III (eje azul-amarillo), se sugiere daño crónico a las vías neuro-ópticas. Afecta el rendimiento en pruebas neurocomportamentales y psicométricas [(3)].	Los datos sugieren DA luego de <b>1 a 2 años</b> y dependiente de la concentración de ácido mandélico urinario. Parece tener un efecto sinérgico con la pérdida de visión del color relacionada con la edad. Efecto dosis-respuesta. Alteraciones inclusive a bajas concentraciones.	Una interrupción en la exposición de 1 mes parece no tener efecto en reducir la DA. Posibles efectos de exposición acumulativa a largo plazo.
<b>Mezclas de solventes (48,23,49,50,21,27,31,51)</b>	Mecánicos de automotrices; fotograbado; pintores de automóviles, muelles y astilleros; trabajadores de estaciones de gasolina; planta de pinturas; fábricas de	DA de tipo III (azul-amarillo) y alteraciones visuales complejas. Daño al contraste visual, sensibilidad y en frecuencia espacial selectivo. Posible afectación en retina y	<b>Exposición mínima de 6 meses</b> , turnos de 8 h y exposición crónica de <b>5 a 13 años</b> desde el cese de exposición y la evaluación de la visión del color, a mayor exposición acumulativa por mg/m <sup>3</sup> a mezclas de SO se asoció a mayor ICC alterado. Las	Defectos de visión del color adquiridos continuaban presentes a pesar del cese de la exposición.



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

COV	Actividad productiva	Alteraciones	Tiempo/intensidad de exposición	Reversión del daño
	muebles; barnizadores e instaladores de alfombras; de la industria textil y del calzado.	nervio óptico. Deterioro de la memoria y la disminución de la concentración y neuropsiquiátricos. Los grupos expuestos una discriminación de color inferior.	exposiciones acumuladas a las mezclas de solventes mayor prevalencia de DA. Probable relación dosis-efecto de la DA Exposición por debajo del valor de TLV, y posibles interacciones con exposiciones mixtas tienen un efecto sinérgico.	
<b>Tolueno (35,34,8,22)</b>	Plantas de impresión, de fotograbado, lacas, fábricas de pegado de zapatos, cauchos y de pinturas.	Valores de Índice de Confusión de Color (CCI) más elevados en los grupos expuestos ( $p < 0,05$ ). El rango cromático más afectado DA de tipo III (amarillo-azul).	Niveles de exposición se correlacionaron con cada medición de CCI y el deterioro de la visión del color aún con TLV de 50 ppm (188 mg / m <sup>3</sup> ). La exposición aguda al tolueno no se asoció con un deterioro de la visión. <b>6 meses de exposición en las fábricas. Promedio de servicio 27 años</b> (13,6 - 48,9) a Tolueno entre 66 a 250.00 ppm. La DA fue dosis respuesta.	No hubo reversión de la DA luego de suspender la exposición por 64 horas, lo que puede indicar un efecto subcrónico de los solventes en la visión del color.

La conformación de grupos homogéneos o **grupos de exposición similar-GES**, con perfil similar de exposición en términos de la frecuencia con que desarrollan la tarea u oficio, los materiales utilizados, los procesos implicados y en general en la forma de desarrollo de la actividad y las acciones para reducir la exposición y el daño (52), disminuyen la complejidad del estudio, e incrementan la detección de los peligros y la adecuada gestión de los riesgos. En esta investigación se identificaron tres GES: el primer grupo estuvo conformado por los trabajadores de los laboratorios de la Sede de Investigación Universitaria-SIU, de la Universidad de Antioquia-UdeA, expuestos de forma ocupacional a COV de manera variable en tiempo, pero a bajas concentraciones y con uso de elementos de protección personal-EPP, campanas extractoras de gases y vapores y controles de un sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo-SST de la Universidad. El segundo grupo estuvo compuesto por trabajadores de una planta de producción de pinturas ubicada en Rionegro, a cargo de la producción de la pintura a base de aceite, usada en recubrimientos industriales, transporte y viviendas; quienes también cuentan con mecanismos de control en la planta (como extractores), en la persona con máscaras de alta eficiencia, respiradores y demás EPP, además de una constante supervisión



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

en materia de SST, con COV presentes durante casi toda la jornada laboral. El último GES lo constituyó una muestra de trabajadores localizados en los Barrios El Chagualo y Jesús Nazareno del centro de la ciudad, zona reconocida por anidar procesos industriales, muchos de ellos unipersonales, informales y microindustrias; en contraste con los anteriores GES, este grupo se caracteriza por garantías mínimas en materia de SST, pocos controles de ingeniería y EPP rudimentarios.

La hipótesis que orientó esta investigación fue que “La frecuencia de DA en los grupos GES #3 y #2, fue mayor que la prevalencia de DA en el GES #1”. El objetivo por tanto fue “comparar la frecuencia de DA en trabajadores de laboratorios universitarios como grupo de referencia con los de una planta de pinturas y con trabajadores del sector productivo informal”.

El aporte más significativo de esta investigación en términos de generación de conocimiento local fue el análisis comparativo de los diferentes GES como grupos que definen los diversos grados de exposición a COV y su asociación con la DA, superando la descripción que han realizado la mayoría de los estudios (53,13). Igualmente, la aplicación del instrumento Q16 en diferentes GES y la inclusión de trabajadores del sector informal, conscientes de la responsabilidad social con barrios de influencia de la Universidad de Antioquia, visibilizando las precarias condiciones de acceso efectivo a seguridad y salud en el trabajo y la necesidad de implementar sistemas de vigilancia y monitoreo en este grupo.



## 2. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio epidemiológico, observacional analítico, de corte transversal. La unidad de análisis y objeto de estudio la constituyeron las DA asociadas a la exposición laboral a COV. Siendo cada trabajador y centro de trabajo por grupo de exposición similar-GES la unidad de observación.

### 6.1. Grupos de trabajadores y convocatoria

Consistió en voluntarios de tres GES que participaron a conveniencia mediante convocatoria realizada por diferentes medios:

- i) El primer grupo fueron los trabajadores de los **laboratorios de la Sede de Investigación Universitaria-SIU, de la Universidad de Antioquia-UdeA**, expuestos de forma ocupacional a COV.

Para conocer los procesos productivos de estos laboratorios, se realizó una visita guiada por los responsables de salud y seguridad en el trabajo-SST, se contabilizaron 37 grupos ubicados dentro de la SIU y más de 1000 trabajadores; cada equipo de investigación está generalmente conformado por un coordinador o jefe de línea, de docentes-investigadores, estudiantes de pregrado, maestría y/o doctorado, practicantes, pasantes y analistas de laboratorio; incluye grupos de ciencias agrarias, ciencias médicas y de la salud, ciencias naturales y exactas, ciencias sociales e ingeniería y tecnología, más el personal administrativo de la SIU. Estos laboratorios poseen utilizan una gran diversidad de sustancias entre ellas los COV, en pequeñas cantidades y con gran variabilidad temporal. Estos laboratorios cuentan con sistema de gestión en salud y seguridad del trabajo y se evidenció que poseen controles efectivos en la fuente, medio y en las personas, con procesos estandarizados para la gestión del peligro, clasificación y almacenamiento (de acuerdo con el sistema globalmente armonizado) y de eliminación de los residuos químicos.

Los participantes fueron convocados a través de la persona líder del SG-SST de la SIU UdeA, se les envió el resumen del proyecto y un tabloide que sensibilizaba acerca de la importancia de participar (Anexo 1).

- ii) El segundo grupo estuvo compuesto por trabajadores pertenecientes a **una planta de producción de pinturas ubicada en Rionegro**. Con más de 300 personas expuestas a solventes, al menos 50 personas manifestaron su intención por participar en la investigación, en especial quienes llevan laborando entre 15 y 30 años expuestos a COV. Siendo su principal interés el de mejorar el bienestar y la protección laboral de sus afiliados "(...) para saber qué tan sanos o afectados estamos, después de décadas de exposición a los solventes". Expuestos a diferentes mezclas de COV y BTX, además de material particulado (pigmentos, talcos, sílices, etc.) necesarios para la síntesis de pintura, siendo los más expuestos en su orden: la planta a base aceite, la planta de pintura en polvo, la planta a base agua, las bodegas y laboratorios.



En la planta se debe cumplir con las normas en SST, usar los EPP suministrados y los uniformes (que son lavados directamente en la planta); cuentan con sistemas de ventilación y extractores; en sus palabras indican que los procesos de seguridad han mejorado, especialmente desde que la planta se trasladó desde Medellín a la sede actual hace 20 años.

Todas las personas interesadas fueron convocadas por medio del presidente del sindicato, quien hizo la inscripción y compartió el resumen del proyecto a sus afiliados, una vez inscritos se agendaron a todos los voluntarios de acuerdo con la disponibilidad de sus turnos laborales.

- iii) Por último, de los **Barrios El Chagualo y de Jesús Nazareno**, reconocidos por anidar diferentes industrias, muchas de ellas unipersonales, informales y microindustrias. Para la convocatoria se hicieron varios recorridos a pie para invitar mediante volanteo y explicación del proyecto en cada local, taller o centro de trabajo que lo permitieron (Anexo 1), entre otros se registraron SUMOQUÍMICOS UNOA (venta de diferentes químicos), FIBRAPLUS (venta de estireno), GLAM NAILS (uso de esmaltes de uñas), DEVANADOS INDUSTRIALES (mantenimiento de refrigeradores), AC REFORMAS Y ACABADOS (venta de pinturas y solventes), FABRICAN (uso de pinturas electrostáticas), PINTURAS EL ÁGUILA (venta de pinturas), AUTOMOTRIZ “NELSON RUIZ” (pintan y reparan carros), entre otros. Pudiéndose observar en los recorridos diferentes peligros y la evidente precariedad en el control y gestión del riesgo, sin uso de EPP básicos, respiratorios, auditivos, ni de guantes o caretas, especialmente evidente en los talleres que usaban pintura automotriz o de metalmecánica y por los fuertes olores perceptibles en vía pública provenientes de algunas bodegas de almacenamiento de químicos; a la inspección sin evidencia de extractores y la necesidad de utilizar la vía pública como regla para aplicar pinturas automotrices; además de otros peligros sin control (polvos y material particulado), mecánicos (herramientas eléctricas contiguas a las pinturas o solventes), físicos (ruido y de calor intenso) y de orden público, este último factor también hizo más complejo el recorrido por el sector.

En el proceso para asignación de citas para la valoración médica, la mayoría de las personas desistieron en participar, aduciendo diferentes motivos, incompatibilidad con horarios a pesar de ofrecérseles diferentes opciones durante la jornada (lunes a viernes entre las 7am y 6pm), desinterés o no hubo respuesta en las llamadas al teléfono ni a los mensajes de texto en donde se les recordaba la invitación.

## 6.2. Pruebas cromáticas

El mayor inconveniente para el estudio de la visión del color es la dificultad para comparar resultados y datos reportados entre la amplia gama de pruebas disponibles (36). El “anomaloscopio” sigue siendo el estándar de oro para el diagnóstico de las discromatopsias y



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

no hay consenso sobre cuáles pruebas son las más completas (36), por lo tanto, se aconseja utilizar al menos dos pruebas para el diagnóstico, buscando obtener información más extensa y mejor clasificación de la alteración (36). La utilidad de las pruebas para la vigilancia de los trabajadores radica en su aplicación periódica desde el ingreso y longitudinalmente durante la exposición al potencial peligro, por ejemplo a los COV (34), en la Tabla 2 se describen las pruebas aplicadas en el presente estudio, siendo las láminas pseudoisocromáticas y los test de ordenación las más costo efectivas, fácil de transportar y de rápida aplicación, son las que comúnmente se utilizan para el seguimiento en los trabajadores (34).

Las láminas pseudoisocromáticas de **Ishihara**, por su rápida aplicación son las más usadas en la práctica como prueba tamiz (54), muy específicas para detectar deficiencias congénitas rojo-verde, su principal limitación radica en que no es lo suficientemente sensible para defectos leves rojo-verde, ni sirve para alteraciones azul-amarillo. Las de Hardy-Rand-Rittler desarrollada por la Sociedad Óptica Americana, esta prueba llamada **“Hardy-Rand-Rittler”-HRR** (por las siglas de los apellidos de sus autores), es tan buena como la prueba de Ishihara para diferenciar visión del color normal de los defectos rojo-verde, contando con placas para la detección de defectos del eje azul-amarillo, también sirven para clasificar la severidad en tres grados diferentes (55,36).

**Tabla 2.** Utilidad de las pruebas cromáticas y de ordenación de colores

<b>Tipo</b>	<b>Prueba</b>	<b>Nivel de normalidad</b>	<b>Anormal – Grado</b>
Láminas pseudoisocromáticas	Ishihara	Identificar todos los números de las láminas.  Tamiza deficiencias eje rojo-verde.	Defectos protán y deután (grado moderado a fuerte).  *Poco sensible para defectos leves, no sirve para alteraciones del eje azul-amarillo
	HRR	Identificar los símbolos de las primeras seis láminas, señalando la posición relativa dentro del cuadro.  Tamiza los ejes rojo-verde y eje azul-amarillo.	Defectos protán y deután (láminas 7 a la 16), tritán de la 17 a la 20.  Tres grados de severidad: leve, medio y fuerte.
Test de ordenación (clasificación)	Lanthony desaturado - Ld15	Ordenar todas las 15 tapas según el patrón de tonalidad.	Defectos protán, deután y tritán.  Identifica la confusión de color existente entre lados opuestos del círculo cromático: rojo y verde o azul y amarillo
	Farnsworth-Munsell100-Hue – FM100	Ordenar todas las 15 tapas según el patrón de tonalidad.	Defectos protán, deután y tritán. Valora la “discriminación” de color en lugar de “confusión” de color.



Las pruebas de ordenación de colores, consta de un conjunto determinado de fichas que deben organizarse siguiendo su escala de cromaticidad. Universalmente conocida como “**Farnsworth-Munsell 100-Hue**” (**FM100**), sirve para las deficiencias congénitas y las DA (56,57), incluye 85 fichas plásticas, divididas en cuatro gamas de colores: rojo-amarillo, amarillo-verde, verde-azul y azul-rojo, abarcando todo el círculo cromático; para aplicarla se dispersan en la mesa aleatoriamente y la persona evaluada debe volver a ordenar las fichas, tomando del conjunto la más similar a la referencia siguiendo el patrón de tonalidad de la secuencia del color.

Lanthon (58,15) presentó una versión resumida en 1978, con 15 fichas de tonalidades desaturadas, el **test de Lanthon d15** resultó muy sensible para detectar deficiencias sutiles en la visión de color, siendo muy usada para estudiar DA por exposición a COV por su utilidad alteraciones subclínicas o incipientes en DA (59,15), para eliminar los posibles falsos positivos, su mismo autor encontró que tres ejecuciones sucesivas del panel d-15 fueron suficientes para controlar este factor (pasando del 16% a un 3% y cero en la tercera prueba). Tras completar cada prueba, la capacidad discriminatoria se puede calcular cuantitativamente con varios métodos e interpretar cualitativamente.

El método de Bowman (60), utiliza el “**Puntaje total de diferencia de color**” o TCDS (Total Colour Difference Score, por sus siglas en inglés), que se calcula mediante la suma de las diferencias entre las permutaciones o errores observados entre fichas, correspondiendo a la diferencia existente en el espacio cromático de cada una; a mayor TCDS, mayor es la deficiencia de la visión del color. El cociente entre el valor del TCDS del examinado y el TCDS ideal, resulta el “**índice de confusión de color**” o CCI (Colour Confusion Index, por sus siglas en inglés), un CCI es igual a 1, indica que no hubo errores, a mayor número de permutaciones, mayor es el CCI y más grave es la alteración en la visión del color (9). El número total de errores es una medida de la capacidad discriminatoria de color general, determinando las zonas específicas donde existe la confusión de color (57). En la Tabla 3 se resumen estos índices con sus valores críticos más importantes. Los métodos de Vingrys y King-Smith (VK-S) (57,58), adicionalmente calcula los ángulos entre las líneas de conexión de los vectores de la diferencia de color, encontrando la severidad (índice de confusión-Índice C), selectividad (índice de dispersión-Índice S) y el tipo de deficiencia de color (ángulo), este método ha sido repetidamente implementado en estudios comparativos sobre discromatopsias (56). De acuerdo con estos autores (Tabla 3), un **CCI > 1,65** se considera **patológico**; el tipo de defecto se determina de acuerdo con los ángulos: protanómalos y protanopes de -2 a 29, deuteranómalos y deuteranopes de -30 a -2 y tritanómalos y tritanopes de -90 a -65 (57).

**Tabla 3.** Índices para el análisis de las pruebas de ordenación



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

<b>Índices</b>	<b>Valor crítico para la decisión entre visión cromática normal y discromatopsia</b>
Puntaje total de diferencia de color-TCDS (método de Bowman)	TCDS normal=56,3 TCDS anormal > 56,3. A mayor TCDS, mayor deficiencia.
Índice de confusión de color-CCI: se obtiene por cociente TCDS/TCDS (método de Bowman)	CCI normal =1-1,65 CCI anormal >1,65 (corrección por edad)
Índice de confusión de color-Índice C (método de Vingrys and King-Smith)	Se correlaciona con valores altos de TCDS e indica severidad.
Diferencia de los vectores de color (método de Vingrys and King-Smith)	Indica el tipo de defecto. Ángulos protanómalos y protanopes van entre -2 a 29. Ángulos Deuteranómalos y deuteranopes entre -30 a -2. Tritanómalos y tritanopes entre -90 a -65
Índice de dispersión-Índice S (polaridad y simetría de los vectores) (método de Vingrys and King-Smith)	Visión normal produce poca polaridad en la diferencia de los vectores.  Discromatopsia congénita produce alto índice S.  DA produce alto índice C y bajo S.

### 6.3. Criterios de inclusión y exclusión, definición de casos o no casos

**6.2.1 Criterios de inclusión:** Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta fueron ser trabajadores de cualquier género mayores de 18 años, que trabajaran en un centro de trabajo donde se utilizan COV en sus procesos de producción y una antigüedad mínima de 6 meses en el cargo.

**6.2.2 Criterios de exclusión:** Fue motivo de exclusión no firmar el consentimiento informado, no cumplir con los protocolos de bioseguridad exigidos por el laboratorio y negarse a realizar las pruebas cromáticas. De aplazamiento temporal presentar síntomas compatibles con COVID-19 al momento de la evaluación o haber tenido contacto con casos confirmados para COVID-19 en las dos últimas semanas previas a la exploración y consumo de alcohol en las 12 horas previas a realizar las pruebas de colores (58).

**6.2.3 Caso:** Individuos clasificados como alterados en los resultados de al menos una de las pruebas de ordenación de Lanthony-d15 o FM100 y excluidos como discromatopsias congénitas, luego del cálculo de los índices (confusión de color, selectividad, error total, ángulo) referenciados por “Török” (61), “A.J. Vingrys, P.E. King-Smith” (59,60).

**6.2.4 No caso:** Individuos clasificados normales en los resultados de las pruebas de ordenación de Lanthony-d15 y FM100 y excluidos como discromatopsias congénitas, luego del cálculo de los índices (confusión de color, selectividad, error total, ángulo) referenciados por “Török” (61), “A.J. Vingrys, P.E. King-Smith” (59,60).



**6.2.5 Excluido por discromatopsia congénita:** Individuos clasificados como discromatopsias congénitas, luego del cálculo de los índices (confusión de color, selectividad, error total, ángulo) referenciados por “Török” (61), “A.J. Vingrys, P.E. King-Smith” (59,60) y con pruebas cromáticas de Ishihara y HRR clasificadas como anormales y moderadas o severas.

#### **6.4. Procedimientos, herramientas y/o equipamiento para recolección de datos**

- i. A cada participante se le envió **el consentimiento informado** por correo y se le entregó en físico a su llegada al laboratorio para la lectura, aclaración de dudas, aceptación y firma voluntaria (Anexo 2).
- ii. **La valoración de los participantes se realizó en un consultorio médico** habilitado y completamente equipado dentro del laboratorio de la FNSP, realizada a cargo de un médico especialista en salud ocupacional con amplia experiencia en el campo. Se programaron a intervalos de una hora, de lunes a viernes de 8am a 6pm y para minimizar el peligro biológico relacionado con el COVID-19, el evaluador contó con los elementos de protección personal-EPP (mascara N95, bata y gafas de seguridad).
  - a. Se entregó y explicó a cada participante el **cuestionario de síntomas neurotóxicos Q16**, aplicado en modalidad autoadministrado, que se responde en un tiempo de 5 a 10 minutos (Anexo 3).
  - b. **La información sociodemográfica, de antecedentes de salud y laborales**, fue recogida por el médico mediante una entrevista con el cuestionario semiestructurado (Anexo 4), siendo de especial interés los antecedentes de diabetes mellitus-DM, hipertensión arterial-HTA, el uso de medicamentos oftalmotóxicos y diagnósticos previos de cataratas, glaucoma o de daltonismo; se preguntó sobre los hábitos de consumo de alcohol, tabaquismo o de sustancias psicoactivas, incluyendo tipo, tiempo y cantidad estimada diaria; además de la exposición extralaboral a COV por actividades lúdicas o estéticas.
  - c. **Los antecedentes de exposición laboral (pasado y actual)**, la antigüedad en el cargo, el GES al que pertenecía, las materias primas utilizadas se indagaron, para la exposición a COV se verificaron mediante una lista de verificación con sus nombres genéricos (sin referencia de marcas comerciales o códigos especiales), adicionalmente se tomaron los datos sobre la exposición a COV en los últimos 30 días y de la última semana en horas totales acumuladas; finalmente se preguntó sobre los mecanismos de control disponibles, en la fuente, medio y persona (elementos de protección personal-EPP) (Anexo 4).
  - d. **Evaluación de la visión de color por el médico experto:**



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

- i. Se hizo visiometría cercana y lejana utilizándose las cartas de ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study), consideradas el estándar de oro para su valoración (62,63), se solicitaron los anteojos cuando eran necesarios y en todo caso se dejó consignado si fueron o no utilizados. La evaluación externa del ojo y la oftalmoscopia directa se realizó para explorar la presencia de opacidades de cámara anterior y observar el fondo de ojo (retina).
  - ii. Para todas las pruebas cromáticas se utilizó una caja de luz disponible en el consultorio para tal fin, la cual tiene dos lámparas en la parte superior que emiten luz difuminada diurna “tipo C” de 5500 grados Kelvin, con una intensidad promedio de 1150-Lux sobre la superficie de trabajo.
  - iii. Las pruebas cromáticas aplicadas fueron las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara y de HRR, registrándose los resultados en las hojas sugeridas por cada manual (Anexo 5). A continuación, se aplicaron los paneles de ordenación en el siguiente orden, el de Lanthony d15 y el de FM100; en todas se siguió el mismo protocolo con la dispersión aleatoria de las fichas sobre la superficie y solicitándosele a cada participante ordenarlas a partir de la ficha de referencia que se encontraba en una posición fija en la caja, siguiendo su similitud cromática hasta agotar todas las fichas del conjunto, dándose la indicación sobre la ausencia de límite de tiempo y de la posibilidad de corregir las fichas antes de estar conformes con la disposición realizada.
  - iv. Terminadas las pruebas, las respuestas fueron verificadas girando cada caja descubriéndose de esta forma el número al reverso de cada tapa, el orden fue registrado en cada hoja de resultados (Anexo 5). Todos los test se hicieron de forma binocular (64). El conjunto de pruebas fue completado entre 10 y 15 minutos. En algunos casos se repitieron (cuando el tiempo del participante así lo permitía) por una sola vez, dejándose el mejor registro para el análisis. La medición de los signos vitales y de antropometría se realizaron para obtener variables del índice de masa corporal-IMC y de alteraciones en los signos vitales, especialmente hipertensión arterial-HTA.
  - v. Se utilizó la calculadora de Török (61) para procesar los resultados de las pruebas de ordenación y realizar la clasificación de los participantes como CASO, NO CASO o EXCLUIDO. Los resultados se explicaron y compartieron con cada participante en formato PDF a sus respectivos correos electrónicos o impresos cuando así lo solicitaron.
- iii. Cada cuestionario se anonimizó con un código alfanumérico diferente al documento de identidad que quedó registrado al final de cada consentimiento, este código fue utilizado para el procesamiento de la información, registro en bases de datos, el análisis estadístico y la presentación de los resultados.



## **6.5. Análisis de los datos**

Los datos se recolectaron en formularios físicos y posteriormente se registraron en una matriz de Excel ®. El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico STATA-18 ®. Las variables categóricas se describieron con frecuencias absolutas y relativas, mientras que las variables cuantitativas se presentaron con promedios y desviaciones estándar o medianas con rangos según su distribución.

Para el análisis bivariado se estimaron prevalencia y odds ratios (OR) con intervalos de confianza del (IC95%) y un valor crítico de p de 0,05. Para la construcción del modelo logístico multivariado, la variable dependiente fue ser o no caso de DA, y los regresores incluidos inicialmente fueron aquellas variables que en el análisis bivariado obtuvieran un valor de  $p < 0,25$  y que no presentaran multicolinealidad, analizada mediante un factor de inflación de la varianza (VIF)  $< 10$ . (Anexo 6). El modelo exploratorio final, se obtuvo a través de la estrategia “backward”-hacia atrás, incluyendo únicamente las variables con valor  $p < 0,05$ .

## **3. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Esta investigación fue avalada por el Comité de Ética de la Facultad Nacional de Salud Pública-FNSP “Héctor Abad Gómez”, mediante acta 21030002- 00200-2022 del 01 de noviembre de 2022 (Anexo 7) y el protocolo se llevó a cabo según se planificó.

## **4. RESULTADOS**

Participaron sesenta y siete personas, de las cuales 53,73% fueron trabajadores de laboratorio-SIU, 37,31% operarios de la planta industrial de pintura a base de aceite de Rionegro y 8,96% fueron trabajadores del sector informal ubicados en los barrios El Chagualo y Jesús Nazareno de Medellín: dos auxiliares de Logística en almacén de estireno, dos pintores de autos, un mecánico de reparación de compresores y un auxiliar metalmecánico.

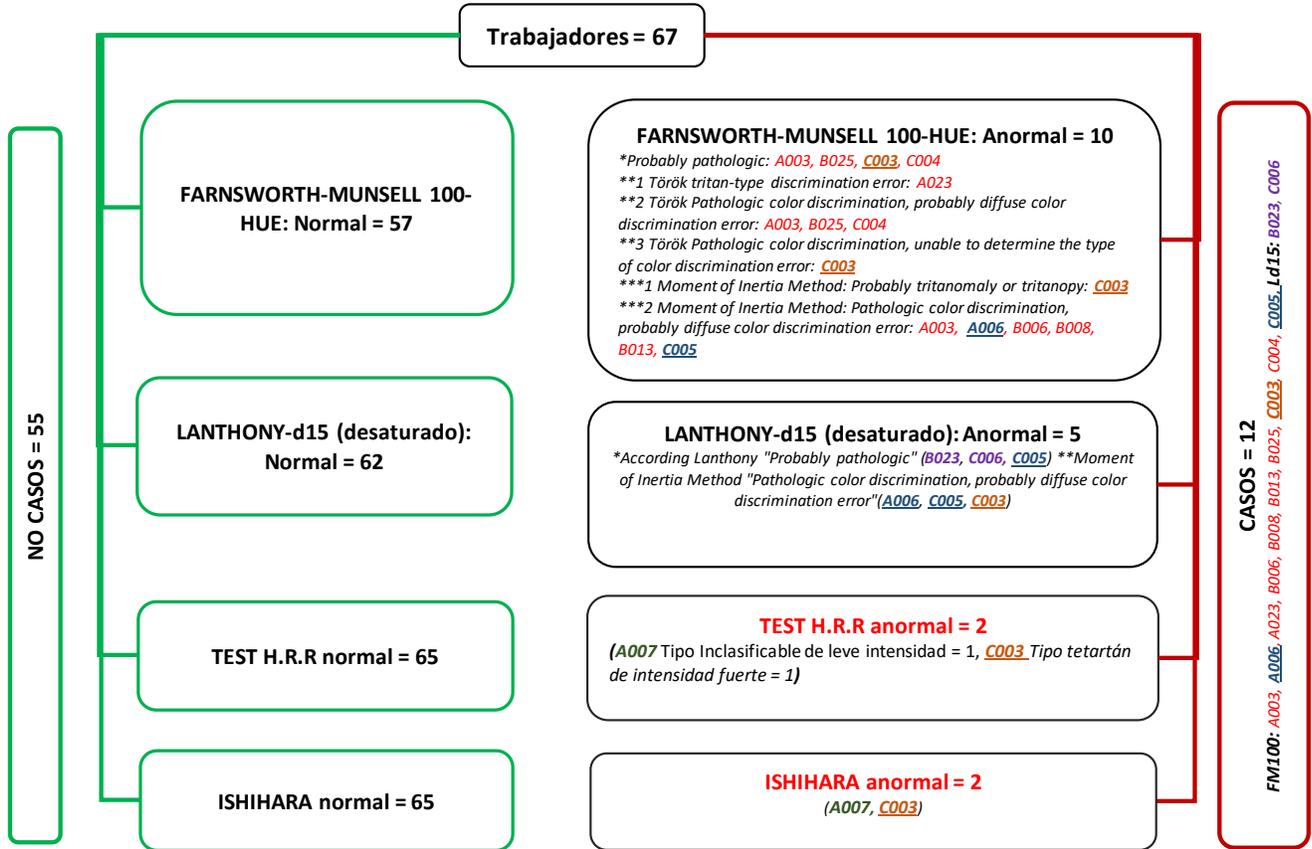
Dos trabajadores presentaron alteración en las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara y de HRR, uno tuvo desempeño normal en todas las pruebas de ordenación, por lo que se clasificó como “no caso” de DA, el con alteración en las láminas, mostró además deficiencia severa en el eje azul-amarillo (tritán), considerándose como caso de DA. El test de Lanthony-d15 clasificó cinco casos y el FM100 a diez de los casos de DA. Dos personas con FM100 normales, obtuvieron resultados anormales con el Lanthony-15d, y se incluyeron como casos de DA. Gráfico 1.

En el Gráfico 1 se clasificaron los participantes en casos y no casos de DA, según hallazgos de las pruebas cromáticas y en la Tabla 4 los resultados anormales de las pruebas cromáticas o de visión de colores según GES.



1 8 0 3

**Gráfico 1.** Clasificación de los participantes según su condición de caso o no caso de DA según los resultados de las pruebas cromáticas (ver criterios de inclusión y exclusión)



*Nota.* TEST HRR=Hardy Rand and Rittler que clasifica: clasifica alteración en la visión de colores rojo, verde, eje azul. TEST FARNSWORTH=diferencia ejes de confusión: protán (verde), deután (rojo) y tritán (azul) y su severidad. LANTHONY: deficiencias sutiles en todos los ejes. Los códigos alfanuméricos, corresponden a los asignados a cada uno de los participantes.

**Tabla 4.** Resultados anormales de las pruebas cromáticas o de visión de colores según GES

Pruebas cromáticas	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3-Sector informal (I)	Total	Códigos*
LANTHONY 15d probablemente patológico con Método de "Lanthony"	0% (0)	0% (0)	50% (3)	4,48% (3)	B023, C006, C005
- Método de "momento de inercia"	2,78% (1)	0% (0)	33,33% (2)	4,48% (3)	A006, C005, C003
FARNSWORTH-MUNSELL 100-HUE probablemente patológico	2,78% (1)	4% (1)	33,33% (2)	5,97 % (4)	A003, B025, C003, C004



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Pruebas cromáticas	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3-Sector informal (I)	Total	Códigos*
<b>(Evaluación automática según Török):</b>  - “La puntuación de error total es normal, pero la alta bipolaridad y la dirección del eje de color indican un error de discriminación de tipo <b>TRITÁN</b> ”.	2,78% (1)	0% (0)	0% (0)	1,49% (1)	A023
- “Discriminación de color patológica, probablemente error de discriminación de color difuso”	2,78% (1)	4% (1)	16,67% (1)	4,48% (3)	A003, B025, C004
- “Discriminación de color patológica, incapaz de determinar el tipo de error de discriminación de color”	0% (0)	0% (0)	16,67% (1)	1,49% (1)	<u>C003</u>
<b>Evaluación automática: método del momento de inercia Vingrys, A.J. and King-Smith, P.E</b>  - “Discriminación patológica del color, probablemente tritanomalia o <b>TRITANOPIA</b> ”	0% (0)	0% (0)	16,67% (1)	1,49% (1)	<u>C003</u>
- Discriminación de color patológica, probablemente error de discriminación de color difuso	5,56% (2)	12% (3)	16,67% (1)	8,96% (6)	A003, A006, B006, B008, B013, C005
- <b>TEST DE ISHIHARA</b> deficiencia rojo – verde	2,78% (1)	0% (0)	16,67% (1)	1,49% (2)	A007, C003
- <b>TEST H.R.R</b>	2,78% (1)  Inclasificable	0% (0)	16,67% (1)  Tetartán	1,49% (2)	A007, C003

Nota. \*Los códigos alfanuméricos, corresponden a los asignados a cada uno de los participantes cuyos resultados en las pruebas cromáticas fueron anormales.

En la Tabla 5 se presenta la frecuencia de los resultados anormales en las pruebas cromáticas. Se obtuvo una proporción de alteraciones de las pruebas cromáticas de ordenación de 17,91% (IC 95%: 7,98-27,84) en los 67 participantes, siendo la proporción más alta en el GES #3 de los trabajadores del sector informal considerados como los más expuestos, seguido en orden de frecuencia por el GES#2 de los pintores y el GES #1 de los Laboratoristas, quienes conformaron el grupo de referencia de la exposición. Así mismo los trabajadores del GES #3 tuvieron un OR significativamente más alto que los trabajadores de los GES#1 (Tabla 5) y que los GES #2 (OR=10, IC95%1,42-70,30, p=0,0098).

**Tabla 5.** Indicadores de frecuencia de DA y razón de disparidad entre los GES



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

Indicadores	GES#1- Laboratoristas (n=36)*	GES#2- Pintores (n=25)	GES#3- Sector informal (n=6)	Total (n=67)
Prevalencia de Casos de discromatopsia adquirida-DA	8,33% (3)	20,00% (5)	66,67% (4)	17,91% (12)
OR	referencia	2,75	22	
IC 95%		0,59-12,77	2,78-174,06	
<i>p</i>		0,25	0,00041**	

Nota. \*Grupo de referencia. \*\*p <0,05 considerado como valor significativo.

### Perfil sociodemográfico de los tres grupos de trabajadores

Entre los laboratoristas del GES #1, la proporción de mujeres fue 77,78% mayor que la de hombres, a diferencia de los otros dos grupos. La mediana de edad de los laboratoristas estuvo alrededor de la cuarta década, en los otros grupos se situó en la quinta y sexta. La mediana del nivel educativo medio fue seis años más alta en los laboratoristas, en comparación con los pintores y los trabajadores del sector informal de Chagualo-Nazareno.

La mediana del estrato socioeconómico fue de tres para los GES #1 y #2, y de dos para los trabajadores del Chagualo-Nazareno. En términos de ingresos, los trabajadores de laboratorio y los pintores tienen una mediana del ingreso más alta (4 smlv) que los trabajadores de Chagualo (1,5 smlv). El 100% de los pintores tenían contrato a término indefinido, eran cotizantes y gozaban de todas las prestaciones sociales de ley; la forma de contratación más común para los laboratoristas era la prestación de servicios (casi la mitad), la plantilla de Chagualo-Nazareno recibían subsidio de salud de seguridad social (Tabla 6).

**Tabla 6.** Distribución de variables socioeconómicas reportadas en los tres GES

Variables	GES#1 Laboratoristas	GES#2 Pintores	GES#3 Sector informal	Total
Hombres	22,22% (8)	92% (23)	100% (6)	55,22% (37)
Mediana edad años	31 (21-74)	52 (37-61)	48 (34-77)	40 (21-77)



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA****Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5***Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Variables	GES#1	GES#2	GES#3	Total
	Laboratoristas	Pintores	Sector informal	
Mediana escolaridad (años estudio)	17 (13-29)	11 (9-17)	11 (4-11)	16 (4-29)
Mediana estrato socio económico	3 (2-6)	3 (2-4)	2 (2-3)	3 (2-6)
Residentes área metropolitana Valle Aburrá	100% (36)	60% (15)	83,33% (5)	83,58% (56)
Mediana en salario (1smlv)	4 (1-4)	4 (3-4)	1,5 (1-4)	4 (1-4)
Afiliación al SGSSS contributivo	100% (36)	100% (25)	33,33% (2)	82,09% (55)

**Perfil laboral y de exposición intra y extralaboral a COV y otros inductores de discromatopsias en los tres grupos de trabajadores**

En los pintores se halló la más alta mediana de la antigüedad en el oficio, de 27 años (15 a 38 años), y en los trabajadores del sector informal, la mediana más alta en las horas trabajadas por semana (Tabla 7). El 50% de los pintores reportaron utilizar ocho sustancias tipo COV, seguido de los laboratoristas de seis. El etanol, metanol, acetona, tolueno y n-hexano fueron los más utilizados por el GES de los laboratoristas; entre los pintores, la acetona, tolueno, xileno, diluyentes y bases de pintura. Entre los del GES del sector informal, los COV más reportados fueron pinturas, estireno y gasolina, quienes además tuvieron, una duración mediana dos veces más alta de las horas de exposición en los últimos siete días, que los pintores y tres veces más que la de los laboratoristas (Tabla 7).

Entre los trabajadores del sector informal el 50% reportaron no utilizar elementos de protección personal, este mismo grupo fue el que menos acceso (solo uno) tuvo a capacitación en seguridad y salud en el trabajo y en el que todos comían en el espacio de trabajo. Por el contrario, todos los pintores usaban tres o más elementos de protección personal (principalmente gafas de seguridad, guantes, respirador de vapores). Al menos cuatro de cada cinco trabajadores de laboratorio y pintores reportaron haber recibido capacitación, en seguridad y salud en el trabajo y la mayoría de los trabajadores de estos dos GES no comían en el lugar de trabajo (Tabla 7).

La mayoría de los trabajadores de los tres GES informaron beber alcohol en los últimos seis meses. El GES del sector informal fue el que reportó proporciones más altas de consumo en los tres días antes de la encuesta y de ingerirlo hasta el punto de embriagarse; en este mismo grupo el 50% eran fumadores actuales, muy inferior a lo hallado en los otros dos grupos. Solo dos pintores registraron consumo de tetrahidrocannabinol-THC inhalado al menos una vez al día por cerca de 20 años, en tanto que, en los otros dos GES, ninguno refirió consumo de



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-  
 COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

sustancias psicoactivas. Los técnicos de laboratorio informaron más actividades extralaborales que podrían exponerlos a otros COV, especialmente cuando usan esmalte de uñas, pinturas para actividades artísticas o solventes para limpiar partes de bicicletas (Tabla 7).

**Tabla 7.** Distribución de variables laborales, de exposición a COV y otros factores no ocupacionales reportados por los trabajadores

<b>Variables</b>	<b>GES#1- Laboratoristas (L)</b>	<b>GES#2- Pintores (P)</b>	<b>GES#3- Sector informal (I)</b>	<b>Total</b>
Antigüedad en meses (mediana)	54 (3-606)	323 (180-460)	39,5 (8-480)	161 (3-606)
Horas semana trabajadas (mediana)	40 (9-55)	48 (48-48)	49 (30-55)	48 (9-55)
Utilizan sustancias químicas o compuestos volátiles en su jornada laboral	91,67% (33)	56% (14)	83,33% (5)	77,61% (52)
Mediana de sustancias utilizadas	6 (0-12)	8 (0-12)	1 (0-5)	6 (0-12)
Horas exp últimos 7 días a COV	1 (0-40)	6 (0-42)	18 (0-45)	1 (0-45)
Horas exp últimos 30 días a COV	12,5 (0-160)	24 (0-168)	72 (0-180)	15 (0-180)
Número de EPP usados	4 (0-8)	6 (3-8)	0 (0-4)	5 (0-8)
Consumen alimentos en el sitio de trabajo donde manipulan COV	0% (0)	4% (1)	100% (6)	10,45% (7)
Capacitaciones sobre los peligros existentes en su lugar de trabajo	80,56% (29)	92% (23)	16,67% (1)	79,1% (53)
Alcohol: últimos 6 meses	86,11% (31)	60% (15)	83,33% (5)	76,12% (51)
Alcohol últimos 3 días	8,33% (3)	4% (1)	33,33% (2)	8,96% (6)
Alcohol entre cinco o más hasta embriaguez	25% (8)	35,29% (6)	60% (3)	31,48% (17)
Tabaquismo actual (al menos uno al día)	0% (0)	4% (1)	50% (3)	5,97% (4)
Consumo de THC	0% (0)	8% (2)	0% (0)	2,99% (2)



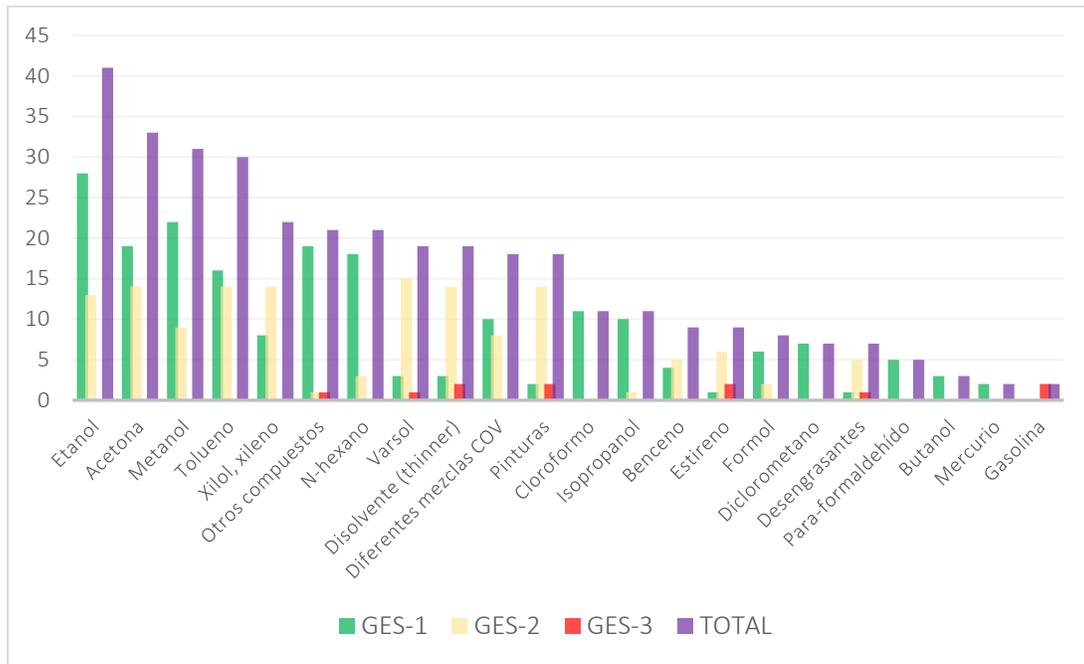
**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

Variables	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3- Sector informal (I)	Total
Actividades extralaborales con COV	33,33% (12)	4% (1)	0% (0)	19,4% (13)

Los COV que con mayor frecuencia se reportaron para los procesos productivos, para ambos GES#1 y GES#2, el etanol, acetona, metanol, tolueno, xileno, N-hexano y diversas mezclas de estos COV (sin especificarse cuales). El varsol, thinner, pinturas y estireno fueron los más reportados por el grupo del GES#3 (Gráfico 2).

**Gráfico 2.** Reporte de uso de COV entre los tres GES



Los antecedentes de ATEL (accidente de trabajo o enfermedad laboral) se relacionan por GES en la Tabla 8; seis pintores y cinco laboratoristas reportaron antecedentes, la mayoría consistieron en AT que causaron heridas, salpicaduras en ojos, traumas leves y un caso grave de atrapamiento de la mano, que requirió calificación de pérdida de capacidad laboral y ocupacional-PCLO del 17%. Dos personas reportaron enfermedades laborales (hernia lumbar L4-L5 y epicondilitis). Ningún trabajador del GES#3 reportó antecedentes de ATEL.

**Tabla 8.** Distribución de antecedentes ATEL reportados por los trabajadores



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Variables	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3- Sector informal (I)	Total
Accidente de trabajo en algún momento de la vida laboral	13,89% (5)	20% (5)	0% (0)	14,93% (10)
Enfermedad laboral en algún momento de la vida laboral	0% (0)	8% (2)	0% (0)	2,99% (2)

### Perfil de antecedentes y hallazgos clínicos en los tres grupos de trabajadores

En cuanto a los antecedentes de salud por auto reporte, el 16,42% de los participantes refirieron no tener antecedentes de alteración de la salud. Entre los trabajadores los antecedentes más informados fueron los quirúrgicos 40,3%, dermatológicos 22,39%, traumas (fractura o luxación) 19,4%, musculoesqueléticos 17,91% y de estos con mayor frecuencia los trastornos lumbares en el 5,97% y la rinitis en un 14,93%. La hipoacusia fue informada por el 8,96% de la población, siendo el grupo de pintores el más afectado en un 20% de los trabajadores de dicho GES. Hubo reporte de trastornos del dominio mental en el 8,96% de la población, por el diagnóstico de depresión y ansiedad, afectando un 11,11% del GES#1 y un 8% del GES#2. El GES del sector informal, se observó un bajo reporte de otros antecedentes médicos patológicos, con excepción del EPOC que fue reportado por uno de ellos.

Finalmente, en la Tabla 9 se relacionan los diagnósticos que podrían ser variables confusoras por causar DA, uno de cada tres pintores informó antecedente de hipertensión arterial-HTA y la diabetes mellitus-DM en solo dos de los trabajadores. Ninguno de los participantes tomaba medicamentos que pudieran causar trastornos de la visión del color.

**Tabla 9.** Distribución de los antecedentes de salud reportados de los participantes

Variables	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3- Sector informal (I)	Total
HTA	8,33% (3)	20% (5)	0% (0)	11,94% (8)
DM2	2,78% (1)	4% (1)	0% (0)	2,99% (2)
Otros	36,11% (13)	16% (4)	16,67% (1)	26,87% (18)
Ningún antecedente	16,67 (6)	12% (3)	33,33% (2)	16,42% (11)

La mayoría de los trabajadores reportaron no tener antecedentes de trastornos de visión u oftalmológicos. Entre quienes reportaron antecedentes, seis de cada diez personas usaban anteojos o lentes de contacto formulados, los diagnósticos más comunes fueron miopía, astigmatismo y presbicia en proporciones iguales. Un laboratorista informó presentar cambios "mínimos" en la visión de color que había sido detectado en anteriores pruebas con las láminas de Ishihara (Tabla 10).



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

**Tabla 10.** Distribución de los antecedentes oftalmológicos entre los trabajadores de los tres GES

Variables	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3-Sector informal (I)	Total
Daltonismo o discromatopsia congénita	2,78% (1)	0% (0)	0% (0)	1,49% (1)
Cirugías (incluyendo láser)	8,33% (3)	8% (2)	0% (0)	7,46% (5)
Pterigión	0% (0)	12% (3)	0% (0)	4,48% (3)
Familiares en primer grado con daltonismo	5,56 (2)	0% (0)	0% (0)	2,99% (2)
Uso de lentes o de gafas	63,89% (23)	80% (20)	16,67% (1)	65,67% (44)
<i>Diagnóstico de: miopía</i>	25% (9)	12% (3)	0% (0)	17,91% (12)
<i>Astigmatismo</i>	25% (9)	12% (3)	0% (0)	17,91% (12)
<i>Presbicia</i>	5,56% (2)	40% (10)	0% (0)	17,91% (12)
<i>Hipermetropía</i>	5,56% (2)	4% (1)	0% (0)	4,48% (3)

Al momento de la evaluación médica (Tabla 11), el 53% de los trabajadores tenían un IMC equivalente a sobrepeso u obesidad (Grado I); seis de las personas presentaron cifras tensionales por fuera de la normalidad, no llegando a cifras que requieran derivación inmediata a un servicio de urgencias, pero si para recomendar control ambulatorio por medio de los programas de riesgo cardiovascular del sistema de salud.

La agudeza visual se midió con anteojos cuando era necesario y se encontró que una quinta parte de los participantes estaba subnormal aun con el uso de las gafas formuladas. En la oftalmoscopia directa y fondo de ojo-FO, el principal hallazgo fue la presencia de cataratas en diversos grados de madurez, otros hallazgos fueron cruces arteriovenosos en la retina y cambios en la papila óptica; siendo necesario remitirlos para valoración y manejo de oftalmología (Tabla 11).

**Tabla 11.** Hallazgos antropométricos, presión arterial y de la evaluación visual

Variables	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3- Sector informal (I)	Total
IMC normal	47,22% (17)	40% (10)	50% (3)	44,78% (30)
<i>Sobrepeso</i>	41,67% (15)	36% (9)	33,33% (2)	38,81% (26)
<i>Obesidad I</i>	8,33% (3)	24% (6)	16,67% (1)	14,93% (10)
Presión arterial anormal (alta)	2,78% (1)	12% (3)	33,33% (2)	8,96% (6)



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Variables	GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3- Sector informal (I)	Total
Visiometría alterada (aun con corrección)	5,56% (2)	44% (11)	33,33% (2)	22,39 (15)
Anormalidades encontradas en ojos y anexos	8,33% (3)	36% (9)	50% (3)	22,39 (15)
<i>FO con cataratas</i>	0% (0)	16% (4)	50% (3)	10,45% (7)
<i>FO retina con alteración en papila, cruces arteriovenosos</i>	2,78% (1)	8% (2)	0% (0)	4,48% (3)

**Descriptivos de los puntajes del total y de las dimensiones del cuestionario Q16**

El 44,78% de los trabajadores tuvieron seis o más ( $\geq 6$ ) respuestas en las categorías de “neutro, de acuerdo y totalmente de acuerdo” del cuestionario Q16 que fue autoadministrado. Esto indicaría mayor riesgo de neurotoxicidad para el 83% del grupo GES del sector informal, el 56% del GES de los pintores y el 30,56% de los laboratoristas.

Los pintores y trabajadores del sector informal presentaron mayor número de respuestas positivas en las dimensiones neuroconductual y motora, y más preguntas positivas de fallas en la memoria y la concentración. En los laboratoristas se obtuvieron más respuestas en la dimensión cognoscitiva y respondieron con mayor frecuencia a las preguntas relacionadas con problemas para decidirse en realizar las “actividades que sabían que debían hacer” y sentirse más “tristes o deprimidos sin razón aparente”. Los pintores mostraron más síntomas motores, especialmente los relacionados con pérdida de fuerza en brazos o piernas y sentirse inusualmente cansados (Tabla 12). Una persona del GES#2 tuvo todas las respuestas alteradas del Q16, con pruebas cromáticas normales, por lo cual se recomendaría seguimiento ocupacional y complementar con otras pruebas.

**Tabla 12.** Trabajadores con dominios alterados del Q16

Dimensiones		GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3-Sector informal (I)	Total
<b>Personas alterado: Q16 <math>\geq 6</math></b>	#	30,56%	56%	83,33%	<b>44,78%</b>
respuestas afirmativas riesgo de toxicidad	(%)	(11)	(14)	(5)	<b>(30)</b>
Cognoscitivo	Mediana	1	3	2	12
	(rango)	(0-5)	(0-5)	(0-5)	(5-22)



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Dimensiones		GES#1- Laboratoristas (L)	GES#2- Pintores (P)	GES#3-Sector informal (I)	Total
	% (#) de respuestas positivas*	75% (27)	72% (18)	66,67% (4)	73,13% (49)
Neuroconductual	Mediana (rango)	1 (0-5)	2 (0-5)	2,5 (0-5)	12 (5-23)
	# (%) de respuestas positivas*	72,22% (26)	80% (20)	83,33% (5)	76,12% (51)
Motora	Mediana (rango)	0 (0-6)	2 (0-6)	2 (0-6)	12 (6-27)
	# (%) de respuestas positivas*	36,11% (13)	76% (19)	50% (3)	52,24% (35)

Nota. \*Respuestas positivas: indica el # de respuestas que estuvieron en la categoría "neutro, de acuerdo y totalmente de acuerdo".

El 67% de los casos de DA presentaron un Q16 alterado en comparación del 40% de los no casos, mostrando un peor desempeño en todos los dominios, especialmente en el cognoscitivo y neurocognitivo. Ninguna de las comparaciones mostró significancia estadística (Tabla 13).

**Tabla 13.** Comparación del Q16 en los grupos de casos y los no casos

Variables	Casos	No casos	Total	OR (IC)	p
# (%) trabajadores con Q16 alterado	66,67% (8)	40% (22)	44,78% (30)	<sup>3</sup> 0,80 - 11,18	0,09
# (%) de trabajadores con preguntas positivas dominio cognoscitivo	83,33% (10)	70,91% (39)	73,13% (49)	2,05 0,40 - 10,42	0,37
# (%) de trabajadores con preguntas positivas dominio neurocognitivo	83,33% (10)	74,55% (41)	76,12% (51)	1,70 0,33 - 8,75	0,51



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

# (%) de trabajadores con preguntas positivas dominio motor	58,33% (7)	50,91% (28)	61,4% (35)	1,35 0,38 - 4,77	0,64
-------------------------------------------------------------	------------	-------------	------------	---------------------	------

**Análisis comparativo de los condicionantes sociodemográficos, laborales, clínicos y de exposición a COV en los grupos de casos y los no casos**

Para cada variable se sacó el OR y el valor de *p* para los casos y no casos, en la Tabla 14 se muestran todas las variables con valor de *p* menores a 0,25 que fueron analizadas hasta llegar al punto crítico de  $p < 0.05$ , la edad, pertenecer al GES#3, antigüedad en el cargo, mediana de horas trabajadas, las horas de exposición a COV durante el último mes, consumir alimentos en el sitio de trabajo, presentar anomalías en el examen de los ojos, entre otros, fueron objeto del análisis (Tabla 14). Para la regresión final fue necesario aplicar una prueba de multicolinealidad diagnóstica, eliminándose las variables con VIF alto que causaban ruido en el modelo multivariado (Anexo 6).

**Tabla 14.** Comparación de condicionantes sociodemográficos, laborales, clínicos y de exposición a COV en los grupos de casos y los no casos

Categoría	Variables	CASOS n=12	NO CASOS n=55	Odds Ratio	[95% Conf. Interval]	Valor de <i>p</i>
<i>Sociodemográfica</i>	Hombres	75% (9)	50,91% (28)	2,89	0,70 - 11,84	0,14*
<i>Sociodemográfica</i>	Mediana edad años (1=menor a 40 años)	83,33% (10)	45,45% (25)	6	1,20 - 29,96	0,02*
<i>Laboral y de exposición</i>	GES#2 Laboratoristas	25% (3)	60% (33)	0,22	0,05 - 0,91	0,03
<i>Laboral y de exposición</i>	GES#3 Sector informal	33,33% (4)	3,64% (2)	13,25	2,07 - 84,52	0,00*
<i>Laboral y de exposición</i>	Antigüedad en meses (mediana) MED=161, MESES 1= 161 O MAS	75% (9)	45,45% (25)	3,6	0,87 - 14,75	0,07*
<i>Laboral y de exposición</i>	Horas semana trabajadas (mediana) MED=48, 1= 48 O MAS	83,33% (10)	56,36% (31)	3,87	0,77 - 19,34	0,09*
<i>Laboral y de exposición</i>	Total sustancias utilizadas (MED=6, 1= 6 o más)	25% (3)	56,36% (31)	0,25	0,06 - 1,05	0,06*
<i>Laboral y de exposición</i>	Acetona	25% (3)	52,73% (29)	0,29	0,07 - 1,22	0,09*



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Categoría	Variables	CASOS n=12	NO CASOS n=55	Odds Ratio	[95% Conf. Interval]	Valor de p
Laboral y de exposición	Tolueno	25% (3)	49,09% (27)	0,34	0,08 – 1,41	0,14*
Laboral y de exposición	Metanol	25% (3)	49,09% (27)	0,34	0,08 – 1,41	0,14*
Laboral y de exposición	Xilol, xileno	8,33% (1)	36,36% (20)	0,15	0,01 - 1,32	0,08*
Laboral y de exposición	Desengrasantes	25% (3)	5,45% (3)	5,77	1 - 33,24	0,04*
Laboral y de exposición	Horas exp últimos 30 días a COV. MED= 15, 16 o más/mes =1	25% (3)	54,55% (30)	0,27	0,06 - 1,13	0,07*
Laboral y de exposición	Consumen alimentos en el sitio de trabajo donde manipulan COV	33,33% (4)	5,45% (3)	8,66	1,62 -46,12	0,01*
Laboral y de exposición	Capacitaciones sobre los peligros existentes en su lugar de trabajo	58,33% (7)	83,64% (46)	0,27	0,07 - 1,05	0,06*
Factores no ocupacionales	Alcohol: últimos 6 meses	58,33% (7)	80% (44)	0,35	0,09 - 1,31	0,12*
Factores no ocupacionales	Tabaquismo actual (al menos uno al día)	16,67% (2)	3,64% (2)	2,43	0,89 -6,56	0,08*
Factores no ocupacionales	Consumo de THC*	16,67% (2)	0% (0)	1	0,09 - 0,35	0,00*
Factores no ocupacionales	Actividades extralaborales con COV	0% (0)	34,55% (19)	1	0,17 - 0,64	0,00*
Antecedentes de salud	Enfermedad laboral en algún momento de la vida laboral	16,67% (2)	1,82% (1)	10,8	0,89 - 130,71	0,061*
Antecedentes de salud	Musculoesqueléticos:	33,33% (4)	14,55% (8)	2,93	0,71 - 12,09	0,13*
Antecedentes de salud	Trastornos de depresión o ansiedad.	0% (0)	10,91% (6)	1	0,13 - 0,46	0,00*
Hallazgos en la evaluación	Sobrepeso	58,33% (7)	34,55% (19)	2,65	0,74 - 9,49	0,13*
Hallazgos en la evaluación	Obesidad I	16,67% (2)	14,55% (8)	1,17	0,05 - 1,17	0,85



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**  
*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

1 8 0 3

Categoría	Variables	CASOS n=12	NO CASOS n=55	Odds Ratio	[95% Conf. Interval]	Valor de p
Hallazgos en la evaluación	Presión arterial anormal (alta)	8,33% (1)	9,09% (5)	0,9	0,09 - 8,57	-0,08*
Hallazgos en la evaluación	Visiometría alterada (aun con corrección)	33,33% (4)	20% (11)	2	0,50 - 7,87	0,32
Hallazgos en la evaluación	Anormalidades encontradas en ojos y anexos	58,33% (7)	14,55% (8)	8,22	2,08 - 32,39	0,00*
Hallazgos en la evaluación	Cataratas	25% (3)	5,45% (3)	5,77	1 - 33,24	0,04*
Hallazgos en la evaluación	Retina con alteración (Papila cruces arteriovenosas)	25% (3)	1,82% (1)	18	1,68 - 192,67	0,01*

### Estimación de la asociación entre DA y la exposición a COV en el lugar de trabajo

En el modelo exploratorio de regresión logística múltiple, la única variable que quedó incluida fue la del GES con los tres niveles, con el GES#1 como nivel de referencia. En este modelo se observó un buen ajuste ( $\text{Log likelihood} = -26,931885$ ) y explicó el 14,48% de la variación en el desenlace de discromatopsia adquirida. El OR de 4,3 con IC95% 1,55 – 11,99, significa que la probabilidad de DA aumenta 4,3 veces en los pintores del GES#2 y 8,6 en los trabajadores del sector productivo informal GES#3 en relación con los laboratoristas (Tabla 15).

**Tabla 15.** Regresión múltiple de los casos con las variables con valor de p crítico

<i>Number of obs = 67</i>		<i>LR chi2(1) = 9,12</i>				
		<i>Prob &gt; chi2 = 0,0025</i>				
<i>Log likelihood = -26,931885</i>		<i>Pseudo R2 = 0,1448</i>				
N01C	Odds ratio.	Std. err	z	P>z	[95% conf. interval]	
N123G	4,31	2,25	2,81	0,005	1,55 – 11,99	
_CONS	0,01	0,01	-3,88	0,000	0,00 - 0,13	



1 8 0 3

## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

### Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

## 6. DISCUSIÓN

Las DA por exposición a solventes orgánicos han sido ampliamente reportadas por la literatura (24,23,49,5,18,64,50). En el análisis bivariado hubo variables que tuvieron un VIF alto explicado por la posible relación o similitud entre las mismas, por lo que fue necesario su corrección para no causar ruido en la construcción del modelo logístico multivariado. La única variable que quedó incluida fue la del GES, cuyo OR indicó mayor probabilidad de DA (4,3 veces) en los pintores del GES#2 y (8,6 veces) en los trabajadores del sector productivo informal GES#3, al compararlos con los laboratoristas menos expuestos a COV. Los valores de índice de confusión de color-ICC también fueron más altos en los grupos con mayor exposición reportada ( $p < 0,05$ ), con más alteraciones tipo III (eje azul-amarillo), siendo este hallazgo frecuentemente reportado en estudios que relacionan la presencia de DA con una mayor exposición a COV (36,34,27,8,22) así como mayor ICC (50). Estudios locales también reportan con frecuencia las alteraciones tipo III por exposición a COV (48,65,52).

Los GES#1 laboratoristas y GES#2 de pintores, informaron mayormente el uso obligatorio de los EPP (respiratorios, dérmicos, oculares, auditivos, entre otros), además de tener controles en el medio como los extractores de aire y las cabinas, la posibilidad de rotación de las tareas y sitios adecuados para consumir los alimentos por fuera de las zonas de mayor concentración a COV; también se encontró mayor frecuencia de reporte de eventos laborales ATEL (con enfermedades laborales calificadas), todos estos serían indicadores positivos de sistemas de gestión en SST maduros. Todo lo anterior podría explicar el perfil de menor exposición y de mayor factor de protección frente a los COV entre los GES#1 y #2. Un estudio de la industria del calzado (49), también encontró mayor posibilidad de DA entre los trabajadores expuestos a COV mixtos, sin embargo, los resultados del índice de confusión de color mostraron que no hubo una relación significativa con el nivel de exposición acumulada, debido al bajo nivel de exposición y la alta tasa de rotación ocupacional de los trabajadores (49). En nuestro estudio el GES#1 de laboratoristas conformaron el grupo de referencia, en contraste con las precarias condiciones en materia de SST del GES#3, quienes tendrían mayor exposición a COV y en consecuencia en el aumento de la probabilidad del riesgo de DA.

Una característica de nuestro estudio es que todos los GES informaron el uso de variabilidad de COV y cantidades a veces indeterminadas, lo que dificultó identificar alguna sustancia en las DA; resultados de Paramei (50) planteaba su metaanálisis factores de confusión como son las condiciones técnicas de administración de las pruebas cromáticas, las características de las muestras de los sujetos que variaban considerablemente entre grupos y que podrían afectar la asociación de las DA con la exposición a COV (50).

La combinación de las pruebas de Lanthony d15y de Farnsworth-Munsell-100 mostraron buena capacidad para captar DA. Un estudio en trabajadores expuestos a pesticidas (65), encontró alta efectividad del FM-100 para caracterizar de una manera confiable la presencia de DA; también utilizar al menos dos pruebas para el diagnóstico, ha sido recomendado para obtener información más extensa y mejor clasificación de las DA (36); en nuestra población vimos potenciada la sensibilidad para captar los casos de DA al usarse concomitantemente FM-100 con Lanthony d15.



## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

### Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Los hallazgos reportados con el cuestionario Q16 estuvieron en la misma dirección del gradiente de exposición. A mayor uso de COV más síntomas fueron auto reportados, siendo los GES#2 y GES#3 los que más síntomas presentaron. El deterioro de la memoria y la disminución de la concentración se han reportado como consecuencia a diferentes mezclas de COV (47,23,48,49,21,27,50). En nuestro estudio, no hubo correlación entre las alteraciones del Q16 con DA, con una persona con todas las respuestas alteradas con pruebas cromáticas normales. Estos resultados se contrastan con lo encontrado en la literatura (44), donde la prevalencia de personas con más de seis síntomas en el Q16 aumentó con la exposición acumulada a solventes, pero con baja sensibilidad para detectar personas con síntomas compatibles con daño cerebral (fue solo del 38%). En dicho estudio una de siete personas que se habían jubilado anticipadamente con un diagnóstico compatible con una encefalopatía tóxica crónica, y dos de cada cinco personas con un diagnóstico psiquiátrico compatible con esta condición, tenían más de seis síntomas en el Q16. Teniendo en cuenta que el cuestionario Q16 ha demostrado una excelente consistencia interna para conocer síntomas neurológicos (66), por su fácil aplicación, se sigue incluyendo como herramienta de tamizaje en diferentes estudios (48,65,66,67).

## 7. LIMITACIONES

En el proceso de evaluación de los peligros por los COV, el nivel de información disponible sobre la exposición, cuanto mayor es, menor es la incertidumbre asociada al juicio cualitativo sobre la exposición (34). No poder acceder a las matrices de " identificación de Peligros, Evaluación y Valoración de Riesgos-IPEVR" de ningún centro de trabajo, ni a mediciones ambientales y por limitaciones presupuestales, el monitoreo biológico y ambiental no se pudo realizar en ninguno de los GES expuestos a BTX-EB. Por lo que la exposición a los COV fue auto informada por cada participante, estos sesgos de memoria, limitó la capacidad para establecer la verdadera exposición a los COV, haciendo más complejo poder establecer con mayor precisión todos los COV usados, además de la cantidad y con qué frecuencia son utilizados; sin posibilidad para contrastar esta información con datos cuantitativos. Adicionalmente, aunque en el cuestionario se registraron los nombres químicos genéricos, no se incluyeron otros nombres comerciales o coloquiales que pudieran ser usados por los trabajadores. Finalmente, pintores del GES#2 informaron también utilizar sustancias desconocidas, con etiquetas de envases codificadas sin referencia a la composición de la mezcla de su contenido, lo cual también dificultó establecer con mayor precisión la exposición.

Otra limitación importante es el tamaño muestral pequeño, especialmente en el GES#3, lo cual hizo que los intervalos de confianza fueran muy grandes al compararlos con los otros GES. Sesgos de selección por la participación limitada en todos los GES y a conveniencia, siendo muy baja en el GES#3, quienes informaron no poder participar por la "falta de tiempo" (a pesar de la ventaja de la ubicación del consultorio en la misma zona) y desinterés; un participante de este GES informó que el riesgo público trae "desconfianza" para participar así sean convocatorias institucionales, además que por ser en horario comercial "no se pueden perder



clientes” y también indicó una falta de “conciencia por el cuidado de la salud” entre los informales.

Finalmente, sin exámenes pre ocupacionales o periódicos de control de la visión del color, no se tiene referencia longitudinal de los cambios en el tiempo de DA para comparar.

## 8. CONCLUSIÓN

En los 67 participantes, se encontró una prevalencia de casos de DA del 17,91%. La frecuencia más alta de DA se observó en los trabajadores del sector informal, seguido por los pintores y los laboratoristas (grupo de referencia). El cuestionario de síntomas neurológicos Q16 también mostró un gradiente similar de síntomas neurológicos en estos grupos (83% GES#3, 56% GES#2 y 30,56% GES#1). El análisis de regresión múltiple reveló que, en comparación con el GES#1, los pintores del GES#2 tuvieron 4,3 veces la probabilidad de presentar DA, mientras que para los trabajadores informales del GES#3 fue 8,6 veces.

La creación de grupos de exposición similar (GES) es una estrategia útil para comparar y situar el conocimiento sobre los efectos de la salud y la enfermedad derivados de las diferencias en las condiciones y prácticas de los procesos productivos. Los resultados de esta investigación resaltan la necesidad de mejorar el monitoreo de la salud de los trabajadores más vulnerables, quienes realizan sus labores en procesos productivos peligrosos y en condiciones sociolaborales de informalidad. Al visibilizar este problema social, se espera fomentar la búsqueda continua de entornos productivos saludables y, en consecuencia, más justos.

Este estudio sugiere que la calidad del aire interior y las prácticas de seguridad en un número significativo de centros productivos en condiciones laborales de informalidad son precarias y que se deben tomar las medidas adecuadas para minimizar la exposición a COV y los efectos deletéreos sobre la salud a corto y largo plazo. Tener la posibilidad de acceso a capacitaciones para implementar buenas prácticas en SST, mejorar la cultura del autocuidado, el conocimiento sobre los riesgos de los COV en la salud humana; incentivar el uso de EPP, enseñar la clasificación y almacenamiento y los estándares para manipular COV, además de la importancia de los controles en el medio (uso de extractores) para disminuir la exposición a COV, favorecería la salud en los GES informales que fueron los más expuestos y vulnerables.

Disponer de inventarios detallados de los COV por procesos, hojas de seguridad como punto de partida para establecer la línea basal de la exposición a los COV; para evaluar la necesidad de monitoreo de higiene en los centros de trabajo más expuestos o con mayor riesgo debe ser la prioridad en materia de SST. Aunque costosas, solicitar mediciones ambientales con las aseguradoras en riesgos laborales se recomiendan cuando hay sospecha o casos confirmados de enfermedades por COV y para la vigilancia de la exposición en procesos críticos. Mediciones de higiene o biomarcadores (de orina) se recomiendan en futuros estudios para disminuir la incertidumbre del nivel de exposición del entorno laboral y los sesgos de memoria asociados al autorreporte. Controlar sesgos de selección mediante un muestreo probabilístico, se recomienda en futuras investigaciones.



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

Insistir en la aplicación de pruebas para la detección de DA en población expuesta a COV, por su costo efectividad, rapidez y sensibilidad, recomendándose el uso de al menos dos test cromáticos (por ej. Lanthony d15 y Farnsworth-Munsell-100) para mejorar su desempeño e incluirlas tanto en las valoraciones pre ocupacionales (antes de iniciar en el oficio), periódicas (anuales) y al egreso, buscando DA sutiles que puedan aparecer en el tiempo y compararlas entre sí; siendo un factor clave en la vigilancia del médico laboral para captar los trabajadores que requieran ser estudiados de forma temprana y activar concomitantemente todas las estrategias técnicas dentro de los Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo- SGSST, para reducir la carga de morbilidad asociada a los COV a corto y largo plazo.

Los datos del cuestionario Q16 estuvieron en la misma dirección de la exposición a COV, mostrando un gradiente coherente con los síntomas. A pesar de la baja sensibilidad que ha sido reportada, por lo rápida, fácil de aplicar y de interpretar, sigue siendo una herramienta útil para el tamizaje de síntomas neurológicos, para tomar acciones inmediatas que permitan iniciar estudio diagnóstico oportuno, antes de que se presenten síndromes neurocognitivos o neurológicos irreversibles.

Fortalecer la línea de toxicología ocupacional y ambiental cobra importancia por el impacto en la salud pública de los trabajadores, especialmente del sector informal más vulnerable frente a la identificación de peligros y gestión del riesgo, siendo la Universidad desde la FNSP, llamada a visibilizar el problema que lleve a la búsqueda de entornos productivos saludables y más justos.



1 8 0 3

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Madhav Kharel, S. C. Assessing volatile organic compound level in selected workplaces of Kathmandu Valley. *Heliyon*. 2021; (4)2:44-6. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08262
2. Montoya, L.-V. Volatile organic compounds in air: Sources, distribution, exposure and associated illnesses in children. *Ann Glob Heal*. 2018; 84(2):225–38.
3. Salthammer, T. Very volatile organic compounds: An understudied class of indoor air pollutants. *Indoor Air*. 2016; 26(1):25–38.
4. Raitta C, S. A. N-hexane maculopathy in industrial workers. *Albr von Graefes Arch für Klin und Exp Ophthalmol*. 1978; 209(2):99–110.
5. Chia, S. E. Impairment of color vision among workers exposed to low concentrations of styrene. *Am J Ind Med*. 1994; 26(4):481–8. doi.org/10.1002/ajim.4700260405
6. Gamberale, F. Use of behavioral performance tests in the assessment of solvent toxicity. *Scand J Work Env Heal*. 1985; 11(1):65–74. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3906870>
7. Gobba, F. Color vision: A sensitive indicator of exposure to neurotoxins. *NeuroToxicology*. 2000; (2)23: 857–62.
8. Lee, E.H. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. *Neurotoxicology*. 2007; 28(2):356–63.
9. Gobba, F. Evolution of color vision loss induced by occupational exposure to chemicals. *Neurotoxicology*. 2000; 21(5):777–82.
10. Jorgensen, A.L. Molecular genetics of X chromosome-linked color vision among populations of African and Japanese ancestry: High frequency of a shortened red pigment gene among Afro-Americans. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1990; 87(17), 33-65.
11. Nacional, C. NTP 352: Neurotoxicidad: estudio de la visión cromática [reporte], 1985.
12. Simunovic, M.P. Acquired color vision deficiency. *Surv Ophthalmol*. 2016; 61(2):132–55. doi.org/10.1016/j.survophthal.2015.11.004
13. Proaño Mosquera, G. Alteraciones en la visión cromáticas por agentes neurotóxicos en pacientes de 20 a 40 años. *Revista Vive*. 2021; 4(10), 44–52. doi:doi.org/10.33996/revistavive.v4i10.74
14. Adams, AJ. Spectral sensitivity and color discrimination changes in glaucoma and glaucoma-suspect patients. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 1982; 23(4):516–24.



15. Lanthony, P. Evaluation de panel d-15 desature. li: comparaison entre les tests panel d-15 desature et farnsworth 100-hue. *J Fr Ophtalmol.* 1987; 10(10):579–85.
16. Sharma, P. Toxic optic neuropathy. *Indian J Ophthalmol.* 2011; 59(2):137–41.
17. Stuart Batterman, F.-C. Personal Exposure to Mixtures of Volatile Organic Compounds: Modeling and Further Analysis of the RIOPA Data. *Res Rep Heal Eff Inst.* 2014; 181:3–63.
18. Gobba, F. C. Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology.* 2003; 24(4–5):693–702.
19. Gobba, F. C. Acquired Dyschromatopsia Among Styrene-Exposed Workers. *J Occup Med.* 1991; (33):761–5.
20. Mergler, D. H. Surveillance of early neurotoxic dysfunction. 1996; 17:803–12.
21. Costa, TL. Long-term occupational exposure to organic solvents affects color vision, contrast sensitivity and visual fields. *PLoS One.* 2012; 7(8), 22-34.
22. Zavalic, M. M. Quantitative assessment of color vision impairment in workers exposed to toluene. *Am J Ind Med.* 1998; 33(3):297–304.
23. Beckman, S.E. Acquired Color Vision Defects and Hexane Exposure: A Study of San Francisco Bay Area Automotive Mechanics. *Am J Epidemiol.* 2016; 183(11):969–76.
24. Attarchi, M.S. Occupational exposure to different levels of mixed organic solvents and colour vision impairment. *Neurotoxicol Teratol.* 2010; 32(5):558–62.
25. Castillo, L. Cumulative exposure to styrene and visual functions. *Am J Ind Med.* 2001; 39(4):351–60.
26. Gong, Y. Visual dysfunction in workers exposed to a mixture of organic solvents. *Neurotoxicology.* 2003; 24(4–5), 703–10.
27. Gonzalez, M. M. Increased acquired dyschromatopsia among solvent-exposed workers: An epidemiology study on 249 employees of an aluminum-foil printing factory. *Int Arch Occup Environ Health.* 1998; (1)1, 4-17.
28. Mirzoev, T.A. The effect of styrene and tetrachloroethylene on electrical activity of the retina. *Oftalmol Zh.* 1989, (5):262–5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2531356/>
29. Dick, F. S. Neurological deficits in solvent-exposed painters: A syndrome including impaired colour vision, cognitive defects, tremors and loss of vibration sensation. *QJM - Mon J Assoc Physicians.* 2000; 93(10):655–61.



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**  
**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

30. Dick, F. S. Is colour vision impairment associated with cognitive impairment in solvent exposed workers? *Occup Environ Med.* 2004; 61(1):76–8.
31. Hanninen, H. Behavioral effects of long term exposure to a mixture of organic solvents. *Scand J Work Environ Heal.* 1976; 2(4):240–55.
32. Hart, W. Adler's Physiology of the Eye. (L. A. Levin, Ed.). Canada: Elsevier; 1992. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/adlers-physiology-of-the-eye/levin/978-0-323-05714-1>
33. Ramos, G. Neurotoxicidad por solventes orgánicos. *Acta Neurol Colomb.* 2004; 20(4):190–202.
34. Campagna, D. B. Color vision and occupational toluene exposure. *Neurotoxicol Teratol.* 2001; 23(5):473–80.
35. Alonso-Perarnau, S. Neurological effects in workers exposed to toluene. Systematic review. *Medicina y Seguridad del Trabajo.* 2022; 68(268), 171-189. doi:dx.doi.org/10.4321/s0465-546x2022000300004
36. Fanlo Zarazaga, A. Review of the main colour vision clinical assessment tests. *Arch Soc Esp Oftalmol.* 2019; 94(1):25–32. doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.006
37. Kishi, R. Impairment of neurobehavioral function and color vision loss among workers exposed to low concentration of styrene - A review of literatures. *Ind Health.* 2000; 38(2):120–6.
38. Mergler, D. Colour vision loss among disabled workers with neuropsychological impairment. *Neurotoxicol Teratol.* 1990; 12(6):669–72.
39. Schaumburg, H. Environmental Hydrocarbons Produce Degeneration in Cat Hypothalamus and Optic Tract Estrogen Formation in the Early Rabbit Embryo. *Science.* 1978; (1)5: 199–200.
40. Daniell, W. Neuropsychological function in retired workers with previous long term occupational exposure to solvents. *Occup Environ Med.* 1999; 56(2):93–105.
41. Sainio, M. Neurotoxicity of solvents. *Handb Clin Neurol.* 2015; 131:93–110.
42. Furu, H. Detecting chronic solvent encephalopathy in occupations at risk. *Neurotoxicology.* 2012; 33(4):734–41.
43. Marhuenda, D. Adaptación transcultural y validación de la versión española del EUROQUEST. *Neurologia.* 2015; 1,30(4):201–7.
44. Ministerio de la Protección Social. Guía de Atención integral de Salud Ocupacional basada en la Evidencia para Trabajadores expuestos a Benceno y sus derivados.



- Bogotá: Ministerio de la Protección social, 2007. [Consultado el 12 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/guias/Gatiso-Benceno-Derivados.pdf>
45. Lundberg, I. Evaluation of the Q16 questionnaire on neurotoxic symptoms and a review of its use. *Occup Environ Med.* 1997; 54(5):343–50. doi.org/10.1136/oem.54.5.343
46. Thiadens, A. Accuracy of four commonly used color vision tests in the identification of cone disorders. *Ophthalmic epidemiology.* 2013; (3)45: 223-47. doi.org/10.3109/09286586.2012.759596
47. García, P., Guzmán, J. Neurotoxicidad y Discromatopsias. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina, 2008.
48. Axelson, M. case referent study on neuropsychiatric disorders among workers exposed to solvents. *Scand J Work Environ Heal.* 1976; 2(1):14–20.
49. Byun J.H. Acquired Dyschromatopsia in Women Workers in Shoe Manufacturing Who were Exposed to Organic Solvents. *Korean J Occup Environ Med.* 2001; (3):232-241. doi.org/10.35371/kjoem.2001.13.3.232
50. Paramei, V. Impairments of colour vision induced by organic solvents: a meta-analysis study. *Neurotoxicology.* 2004; 25(5), 803–816. doi.org/10.1016/j.neuro.2004.01.006
51. Ministerio de la Protección Social. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2011. [Consultado el 19 de agosto de 2019]. Disponible en: [https://comunicandosalud.com/wp-content/uploads/2019/06/guia\\_exposicion\\_factores\\_riesgo\\_ocupacional.pdf](https://comunicandosalud.com/wp-content/uploads/2019/06/guia_exposicion_factores_riesgo_ocupacional.pdf)
52. López Vergara, D. B., Escobar Gutierrez, E. M. Prevalencia de alteraciones en la visión cromática de pintores expuestos a solventes orgánicos. Municipio de Guarne, 2020. [Tesis grado en Salud pública]. Medellín, Facultad de Optometría, Universidad Antonio Nariño, 2020. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2676/1/2020DanisBeatrizLopezVergara.pdf>
53. National Research Council (US) Committee on Vision. Procedures for Testing Color Vision: Report of Working Group 41. Washington (DC): National Academies Press, 1981 [Reporte]. doi:10.17226/746
54. Cole, L. K. The new richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the ishihara test. *Clin Exp Optom.* 2006; 89(2):73–80.



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA**

**Programa: Maestría en Seguridad y Salud en el Trabajo. Cohorte 5**

*Discromatopsias en tres grupos de exposición similar-GES a Compuestos Orgánicos Volátiles-COV: laboratorios universitarios, producción de pinturas y sector informal.*

55. Farnsworth, D. The Farnsworth-Munsell 100-Hue and Dichotomous Tests for Color Vision. *J Opt Soc Am.* 1943; 33(10):568.
56. Atchison, B. K. Quantitative scoring methods for D15 panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiencies. *Optom Vis Sci.* 1991; 68(1):41–8.
57. Pokorny, V. Eye disease and color defects. *Vision Res.* 1986; 26(9):1573–84.
58. Lanthony, P. The desaturated panel D-15. *Doc Ophthalmol.* 1978; 46(1):185–9. doi:10.1007/BF00174107
59. Vingrys, A.J. A quantitative scoring technique for panel tests of color vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1988; (1)29: 50-63. <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2159859>
60. Bowman, K. A Method for Quantitative Scoring of the Farnsworth Panel D-15. *Acta Ophthalmol.* 1982; 60(6):907–16.
61. Török, B. (s.f.). <https://www.torok.info/>. [Consultado el 03 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.torok.info/>
62. Bailey, I.L. New Design Principles for Visual Acuity Letter Charts. *Optom Vis Sci.* 1976; 53(11):740–5.
63. Ferris, F.L. New visual acuity charts for clinical research. *Am J Ophthalmol.* 1982; 94(1):91–6. [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9394\(82\)90197-0](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9394(82)90197-0)
64. Muttray, A. Blue–yellow dyschromatopsia in toluene-exposed workers. *Int Arch Occup Environ Health.* 2019; 92(5):699–707. doi.org/10.1007/s00420-019-01405-8
65. Chaparro Morales, C. I. Aplicación de la prueba Farnsworth Hue 100 en trabajadores expuestos a pesticidas, para detección de alteraciones adquiridas al color. [Trabajo de grado en Optometría]. Bogotá: Universidad de La Salle. Facultad de Ciencias de la Salud, 2018. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1259&context=optometria>
66. Bolaños Godoy, D. Evaluación de la visión cromática en trabajadores de la industria textil expuestos a solventes orgánicos. [Trabajo de Maestría en Ciencias de la Visión]. Bogotá: Universidad de La Salle; 2018. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_ciencias\\_vision/64/](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision/64/)
67. Jiménez Barbosa I. Modificación del cuestionario de síntomas neurotóxicos (Q16). *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2011; (9)1:19-37. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=svo>