

1-1-2018

Aplicación de la prueba Farnsworth Hue 100 en trabajadores expuestos a pesticidas, para detección de alteraciones adquiridas al color

Iván Chaparro Morales
Universidad de La Salle

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria>

Citación recomendada

Chaparro Morales. I. (2018). Aplicación de la prueba Farnsworth Hue 100 en trabajadores expuestos a pesticidas, para detección de alteraciones adquiridas al color. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/260>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias de la Salud at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Optometría by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**APLICACIÓN DE LA PRUEBA FARNSWORTH HUE 100 EN TRABAJADORES
EXPUESTOS A PESTICIDAS, PARA DETECCIÓN DE ALTERACIONES
ADQUIRIDAS AL COLOR**

**ROL: COINVESTIGADOR- SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE SALUD HUMANA, ANIMAL Y
AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA POR EL
USO DE AGROQUÍMICOS**

CARLOS IVÁN CHAPARRO MORALES (COD. 50132001)

DIRECTORA: DRA INGRID JIMENEZ BARBOSA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE OPTOMETRIA
SEMILLERO SALUD VISUAL Y OCULAR**

BOGOTÁ D.C, 10 DE ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

NOTA DE ACEPTACIÓN DEL JURADO:

DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado a mi abuela Luz Herminda Diaz.

Sé que desde el cielo está orgullosa de mí,

Y siempre creyó en que podría lograrlo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que todo a Dios, por permitir cumplir mis metas de manera satisfactoria a lo largo de estos años de estudio. Igualmente gratifico la labor de cada uno de los docentes que han aportado en mi formación ética y académica, ya que, sin la instrucción y orientación de ninguno de ellos, no hubiese podido formarme como el profesional en el cual espero convertirme.

A mis padres Justo Rafael Chaparro y Yolanda Morales, por estar ahí para darme fuerza y ánimos, y creer en mi desde el inicio de esta travesía académica. A mi hermano Rafael David Chaparro por todo el apoyo brindado

A mi compañera y fiel amiga Natalia Giraldo, la cual acompañó gran parte de mi carrera de pregrado, y fue un soporte en todos los momentos buenos y de dificultad.

De manera sincera y especial, agradezco a la Dra. Ingrid Jiménez Barbosa, por aceptar mi rol a desempeñar dentro de este proyecto. Sin su paciencia, instrucción y ayuda no hubiese podido lograr cada una de las tareas impuestas. Espero seguir inmerso en el campo de la investigación, y con mi trabajo hacer grandes aportes en el área de mi profesión

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MARCO DE REFERENCIA.....	8
2.1 Teorías de la visión del color.....	8
2.2 Fotorreceptores.....	9
2.3 Deficiencia congénita de visión al color.....	9
2.4 Deficiencia de la visión al color adquirida.....	10
2.5 Tipos de plaguicidas.....	11
2.6 Efectos de los agroquímicos en la salud humana.....	11
2.7 Efectos de los agroquímicos en la visión al color.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Población y muestra.....	12
4. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS.....	13
4.1 Cuestionario Q16.....	13
4.2 Farnsworth-Munsell Hue 100.....	13
5. RESULTADOS.....	15
5.1 Cuestionario de Síntomas Neurotóxicos Q16.....	15
5.2 Farnsworth-Munsell Hue 100.....	16
5.3 Caracterización de las alteraciones de la visión cromática.....	18
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
7. CONCLUSIONES.....	21
8. RECOMENDACIONES.....	21
9. BIBLIOGRAFÍA.....	22
10. ANEXOS.....	25

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1.....	15
Figura N°2.....	16
Figura N°3.....	17
Figura N°4.....	18

RESUMEN

Los agroquímicos, o comúnmente llamados plaguicidas, son los nombres genéricos que recibe cualquier sustancia o mezcla de sustancias que son usadas para controlar plagas de insectos u otras causas que afecten de cierta manera la producción de cultivos. Aunque no se ha descrito claramente el por qué se puede afectar la visión del color, si se han reportado en diversos estudios que la exposición crónica a agroquímicos (principalmente organofosforados), produce alteraciones de la visión del color. **Objetivo:** Identificar el grado en el cual la visión al color puede verse alterada por la exposición a pesticidas en trabajadores del sector agrícola, mediante la utilización del test Farnsworth Hue 100. **Metodología:** un grupo de ciento tres participantes divididos en cincuenta y un casos y cincuenta y tres controles fue empleado para evaluar la visión al color. El test Farnsworth Hue 100 fue aplicado a ambos grupos siguiendo los lineamientos establecidos por el protocolo de dicho test. Asimismo, se tuvieron en cuenta los resultados del cuestionario Q16 para determinar si los pacientes incluidos en el estudio poseían síntomas neurotóxicos. **Resultados:** Para los casos evaluados se presentó una edad media de $35,21 \pm 9,12$, mientras que para los pacientes incluidos como controles la edad media fue de $30,45 \pm 7,94$. Entretanto, los resultados obtenidos del cuestionario Q16 fueron para los casos, una media de $33,61 \pm 9,24$ y para los controles $30,35 \pm 8,90$ (valor-p= 0,07). Mientras tanto, los datos del test Farnsworth Hue 100 alcanzaron una media de $10,50 \pm 3,12$ para los casos, y $10,13 \pm 2,64$ para los controles. En cuanto al eje de predominancia, los casos obtuvieron 25% difuso-tritan (n= 13), demostrando al igual que la literatura consultada que el eje tritan es el más afectado en los trabajadores expuestos a pesticidas. **Conclusiones:** A pesar de que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos para los puntajes del test Farnsworth Hue 100, se logró determinar el eje tritan como el más predominante para los casos. Asimismo, no hubo diferencias significativas entre los resultados del cuestionario Q16 y se dispuso un nivel de toxicidad media-baja para ambos grupos.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agropecuarios se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios (1). Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas. (2) Los agroquímicos, o comúnmente llamados plaguicidas, son los nombres genéricos que recibe cualquier sustancia o mezcla de sustancias que son usadas para controlar plagas de insectos u otras causas que afecten de cierta manera la producción de cultivos. El principal inconveniente frente a este tipo de químicos es el hecho de que, aunque se realizan diferentes estudios para medir su toxicidad para su posterior comercialización, estas investigaciones son realizadas solamente en animales y bajo una exposición de corto tiempo, y por lo tanto estos datos no permiten una caracterización confiable sobre los efectos que puedan llegar a producir en la salud humana. Además, en dichas investigaciones se estudia solamente el ingrediente activo dejando de lado los otros ingredientes que pueda contener el pesticida. Debido a que la mayoría de sus componentes son lipofílicos y volátiles a temperatura ambiente, es posible que, en una exposición crónica a este tipo de compuestos, exista una mayor adherencia por parte de estos, a tejidos ricos en lípidos como el tejido cerebral y la mielina, constituyentes de varias estructuras implicadas en el procesamiento de diferentes funciones visuales, entre ellas la visión del color (3). Aunque no se ha descrito claramente el por qué se puede afectar la visión del color, si se han reportado en diversos estudios que la exposición crónica a agroquímicos (principalmente organofosforados), produce alteraciones de la visión del color, aunque con el uso de test simples para la cualificación de alteraciones cromáticas. Por lo tanto, como objetivo se busca identificar las principales alteraciones en la visión al color en trabajadores expuestos a plaguicidas mediante el test Farnsworth Hue 100.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Teorías de la visión del color

Aristóteles fue el primer pensador en realizar un acercamiento en la visión del color al describir los colores del arcoíris como rojo, verde y amarillo, pero concedió que “entre el rojo y verde, se encontraba un color anaranjado”. Por su parte, años más adelante, Newton colocó un prisma frente a un agujero en un cuarto oscuro y vio cómo se formaba un espectro sobre una hoja de papel blanca. En su experimento identificó siete colores: violeta, índigo, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Se basó en las enseñanzas de Pitágoras, el cual define siete categorías en todos los fenómenos naturales. (4)

Posteriormente se examinó que la inclusión del índigo no es justificada como un color distinto, ya que es visto entre la transición gradual del azul al violeta.

La Teoría Tricromática del Color inicio cuando George Palmer (1740-95) menciona que la retina contenía tres tipos de partículas que podían seleccionar y producir efectos de color. Más adelante, Thomas Young (1773-1829) complemento el aporte de Palmer, al considerar que sería imposible que el número de diferentes receptores retíales serian iguales al número de colores vistos en el espectro, y propuso que cada punto de la retina podría ser excitado más o menos por tres colores primarios. La discriminación del color entonces fue derivada de una mezcla de procesos de colores iniciados por tres tipos de receptores, o nervios, que respondían máximamente a la luz roja, amarilla y azul. (5)

En 1870 el fisiólogo alemán, Ewald Hering (1834-1918) propuso una teoría de visión del color alternativa, denominada teoría del color oponente, la cual se deriva de la apariencia subjetiva del color, basada en tres canales neurales. La teoría de Hering sugirió cuatro colores primarios – rojo, verde, amarillo y azul, agrupados en pares oponentes (el rojo es contrario al verde y el amarillo al azul). El mecanismo de luminancia, en donde el blanco es oponente al negro. (6)

Donders dio su aporte a la comprensión de la visión del color al descubrir que la percepción visual es procesada en una serie de zonas en la vía visual. Este concepto es soportado por un número de diferentes técnicas experimentales y es la base de las teorías de visión del color modernas, sumado a la teoría tricromática y la teoría del color oponente. (7)

2.2 Fotorreceptores

La detección del color en la retina se realiza principalmente en los dos tipos de fotorreceptores, los conos y los bastones, cuyo nombre deriva de su forma. Los primeros son los que juegan un papel más importante para la visión del color, ya que estos contienen tres diferentes tipos de pigmento visual sensibles a un espectro de longitud de onda particular (azul, verde y rojo), mientras que los bastones solamente contienen un tipo de pigmento visual, por lo que no les es posible distinguir diferencias en el color (8). Los conos son los encargados de la visión diurna y la deficiencia de ellos se deriva en una ceguera funcional. Por el contrario, los bastones son los fotorreceptores responsables de la visión en las condiciones de baja luminosidad nocturna y su carencia se traduce en ceguera nocturna, así como en la disminución de la percepción de la forma y del movimiento de los objetos, propiedades propias de este tipo de fotorreceptores. (9)

Ambos tipos celulares poseen regiones funcionales similares: un segmento externo, un segmento interno y una prolongación del segmento interno. El primero contiene la maquinaria bioquímica necesaria para el ciclo visual y el segundo contiene el núcleo de la célula y sus demás estructuras, mientras que la prolongación del segmento interno se refiere a una terminal sináptica que establece el contacto con otras células neuronales presentes en la retina. (10)

2.3 Deficiencia Congénita de Visión del Color

Dentro de los defectos congénitos relacionados a la visión del color, el de mayores consecuencias es el monocromatismo, el cual se divide en monocromatismo típico y atípico. El típico se caracteriza porque no funcionan los receptores de los conos y por consiguiente ninguno de los tres pigmentos. Comúnmente se encuentra una agudeza visual bastante disminuida (20/200), acompañada de fotofobia y nistagmus. Por otro lado, el atípico posee solamente en sus conos un tipo de pigmento, y es posible discriminar el color con luz media. (11)

El siguiente grupo de alteraciones en la visión del color, son las acromatopsias parciales, que hace referencia a la ausencia de algún tipo de pigmento presente en los conos. Por consiguiente, es posible diferenciar tres tipos de acromatopsias: protanopia (ausencia de percepción del color rojo), deuteranopia (deficiencia de la apreciación del color verde) y tritanopia (ausencia de estimación del color azul). (12)

Finalmente, se destaca un conjunto de alteraciones del color denominadas anomalias tricromaticas, las cuales se caracterizan a diferencia de las dos anteriores, en que se encuentran presentes los tres tipos de pigmentos, pero aun asi existe una irregularidad en la percepción de algun color. Similar, a las acromatopsias parciales, es posible diferenciar tres tipos de anomailas según el

color que se este viendo afectado. El protanomalo es la presencia de anomalía en fotorreceptores para detectar el color rojo, el deuteranomalo para divisar el verde y el tritanomalo para percibir el color azul. (13)

2.4 Deficiencia de la visión del color adquirida

En comparación con alguna deficiencia visual congénita que está presente desde el nacimiento, de manera estable, bilateralmente simétrica y afecta todo el campo visual; la deficiencia adquirida se puede presentar en cualquier edad, probablemente de manera temporal, puede llegar a ser unilateral o bilateral asimétrico y afecta solo una parte del campo visual. (14)

Tradicionalmente, se ha expuesto que la mayoría de deficiencias adquiridas de visión del color son causadas por alguna patología ya sea de la vía visual o de la retina. Son diversas las patologías que pueden llegar a generar una deficiencia en la percepción de la visión cromática, tales como retinitis pigmentaria, amaurosis congénita de Leber, degeneración macular asociada a la edad, desprendimiento de retina, retinopatía central serosa, glaucoma, retinopatía diabética, neuritis óptica y compresión del nervio óptico, entre otros (15-19.) Sin embargo, estudios recientes han demostrado que otras causas como el uso de algunos fármacos, y exposición a algunos químicos específicos como solventes orgánicos, pueden generar este tipo de deficiencia. (20-22)

En cuanto a su clasificación, puede ser determinada a través de su mecanismo o sitio primario de la patología o por el tipo de deficiencia visual encontrada. Para lo segundo, se han planteado diferentes métodos de clasificación, sin embargo el más usado es el método de Verriest. (23)

La clasificación de Verriest consiste en cuatro tipos, que se diferencian a partir de sus características y percepción de longitudes de onda afectadas. El primer tipo, consiste en una deficiencia en el mecanismo de longitudes medias y largas con un cambio en sensibilidad espectral máxima de las longitudes de onda más cortas. El segundo tipo es similar al primero con la disparidad de que existe una preservación relativa de la sensibilidad espectral máxima. Por otro lado, el tercer tipo es una deficiencia del mecanismo de longitudes cortas que puede ir acompañado con un cambio en la sensibilidad espectral máxima de estas mismas longitudes. Finalmente el cuarto tipo fue definido por Verriest para una deficiencia adquirida que no es posible de clasificar.

2.5 Tipos de plaguicidas

Existen diversos tipos dentro de los plaguicidas, y debido a su estructura química se pueden llegar a agrupar en organoclorados, organofosforados, organomercuriales, carbámicos, ditocarbámicos, triazínicos, fenoxiacéticos, bupiridílicos, ftálmídicos, sulfonamidas, bencidimasoles, piretroides, derivados de derivados de dinitrofenol, y derivados de la urea (24).

En general, los plaguicidas han generado gran preocupación debido a su alta toxicidad por la presencia en los tejidos vivos y su persistencia en el ambiente. La toxicidad depende del tipo y el tiempo de exposición, así como factores ambientales pertenecientes al entorno. (24)

2.6 Efectos de los agroquímicos sobre la salud humana

Dentro de los agroquímicos usualmente usados, los que más tienen reportes de daño a la salud humana son los organofosforados. Los ésteres de ácido fosfórico y sus homólogos, se denominan pesticidas tipo organofosforado. Las vías de absorción de los organofosforados son oral, dérmica, conjuntival, parenteral, rectal e inhalatoria. La intoxicación por organofosforados es una condición seria que necesita diagnóstico y tratamiento rápido. Dentro de las complicaciones sistémicas que pueden llegar a presentarse se destacan hipotensión, arritmias cardíacas fatales, síndrome intermedio, distrés respiratorio, neumonía y aún disfunción cerebral severa. (25)

Los carbamatos, representan otro grupo de plaguicidas que afectan la salud humana, aunque con una sintomatología corta y menos letal, en comparación con los organofosforados, exceptuando el carbofuran y aldibarb. (26)

2.7 Efectos de los agroquímicos sobre la visión del color

Los organofosforados envenenan a insectos y mamíferos principalmente por la fosforilación de la enzima acetilcolinesterasa (ACE) en las terminaciones nerviosas. La acetilcolina es el mediador químico responsable de la transmisión fisiológica del impulso nervioso de los sistemas parasimpáticos, algunos órganos, glándulas sudoríparas, los nervios motores al músculo esquelético y algunas terminaciones nerviosas en el SNC. (26) Aunque no se ha descrito claramente el por qué se puede afectar la visión del color, si se han reportado en diversos estudios que la exposición crónica a agroquímicos (principalmente organofosforados), produce alteraciones de la visión del color.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Población y Muestra

Se realizó un estudio comparativo y descriptivo de casos y controles. El cálculo de la muestra se realizó con el 80% de conciencia y un porcentaje del 5% para el error, resultando así una muestra significativa de 50 casos y 50 controles. Los pacientes incluidos para los casos fueron seleccionados de diferentes cultivos de flores de municipios de Cundinamarca, como Sibate y Sopo. Mientras que para los controles abarcaron personas que tuvieran labores que no impliquen exposición alguna a pesticidas.

El estudio se basó en los lineamientos de la declaración de Helsinki, y así mismo por sus características, el examen de visión al color hace parte de las pruebas diagnósticas visuales no invasivas ni perjudiciales para el sistema visual y ocular, catalogándose como riesgo mínimo según lo estipulado en el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993.

Con el fin de descartar algún antecedente que pudiese afectar el desarrollo del estudio, se elaboró "ENCUESTA BASE DE ANTECEDENTES" (Anexo 1), la cual permitió la determinación de enfermedades generales, neurológicas, metabólicas, consumo de cigarrillo y alcohol, y el uso de medicamentos. Dichos aspectos fueron tenidos en cuenta como parte de los criterios de exclusión.

4. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS

4.1 Cuestionario Q16

El cuestionario Q16 consiste en 16 preguntas acerca de diferentes síntomas de neurotoxicidad, por lo cual es una herramienta que permite de una manera sencilla y temprana la detección de personas que sufran efectos a causa de pesticidas, debido a que estos últimos como se ha mencionado anteriormente pueden llegar a causar afectación en las terminaciones del sistema nervioso central. (27)

El cuestionario Q16 fue modificado por diferentes autores, ya que la original tenía respuestas si y no, mientras que con la escala de Likert (1: Totalmente en desacuerdo, 2: desacuerdo, 3: neutro, 4: de acuerdo, 5: fuertemente en desacuerdo), existe una mejoría significativa en la reducción de las diferencias en las respuestas individuales, la debilidad al responder, la introducción de errores sistemáticos y la cohibición por parte de los sujetos para responder lo que originalmente desean. (Anexo 2) (28)

4.2 Farnsworth-Munsell 100-hue test

Es una prueba psicotécnica diseñada para comprobar la discriminación de tono entre personas sin alteraciones de la visión del color y medir la confusión en la discriminación de tono en los observadores con defectos de color, ya sea de origen congénito o adquirido (29). La prueba consta de 85 muestras (Anexo 3) de color móviles dispuestas en cuatro cajas opacas de 22 colores en la primera casilla y 21 colores en cada uno de los cuatro restantes. Las muestras fueron diseñadas para representar un círculo de tono natural que va aumentando de tonalidad progresivamente. Cada muestra se encuentra numerada en la parte de atrás, indicando el número que le corresponde dentro del orden de la secuencia, la cual se presenta aleatoriamente dos muestras, con el fin de que el examinado organice bajo su criterio, el orden que le corresponde en un tiempo máximo de dos minutos para cada panel. (30-32)

Para la realización del cálculo, debe tenerse en cuenta que por construcción del test, la distancia entre dos fichas consecutivas del test es constante, e igual a la mínima diferencia perceptible de un observador. Es decir, entre cada ficha la distancia siempre será de 1, por el orden de las fichas, teniéndose en cuenta que la distancia entre 85 y 1, también equivaldría a 1 como mínima diferencia perceptible. Ahora bien, para una ficha determinada debe calcularse la suma de las distancias perceptuales entre esa ficha y la que la precede y le sigue en la

ordenación hecha por el paciente. El número de mínima diferencia perceptible para cada ficha debe ser sumado, y finalmente a ese total, debe ser restado el número 2, el cual constituye la mínima puntuación posible. Para diagnosticar o caracterizar las puntuaciones obtenidas se calcula el error total y se diferencian las regiones de mayor pérdida de discriminación (33). Kinnear demostró que para una mayor confiabilidad de los resultados, era necesario sacar la raíz cuadrada del error total. (34)

5. RESULTADOS

Para los 52 casos analizados la edad media del estudio fue de 35 años entre una oscilación de 21 a 57 años. Mientras que para los 51 controles la edad media fue 30 años entre 21 y 45 años.

Para analizar los datos recolectados fue utilizado el software IBM SPSS Statitics 23. Se aplicaron pruebas de normalidad a las variables a estudiar: resultados del cuestionario Q16, puntaje total del Farnsworth Hue 100, y raíz cuadrada del puntaje total del Farnsworth Hue 100. Si los datos dentro de cada variable se comportaban con normalidad se aplicó T-student pareada, y en caso de que no, se usó Chi-cuadrado.

5.1 Cuestionario Q16

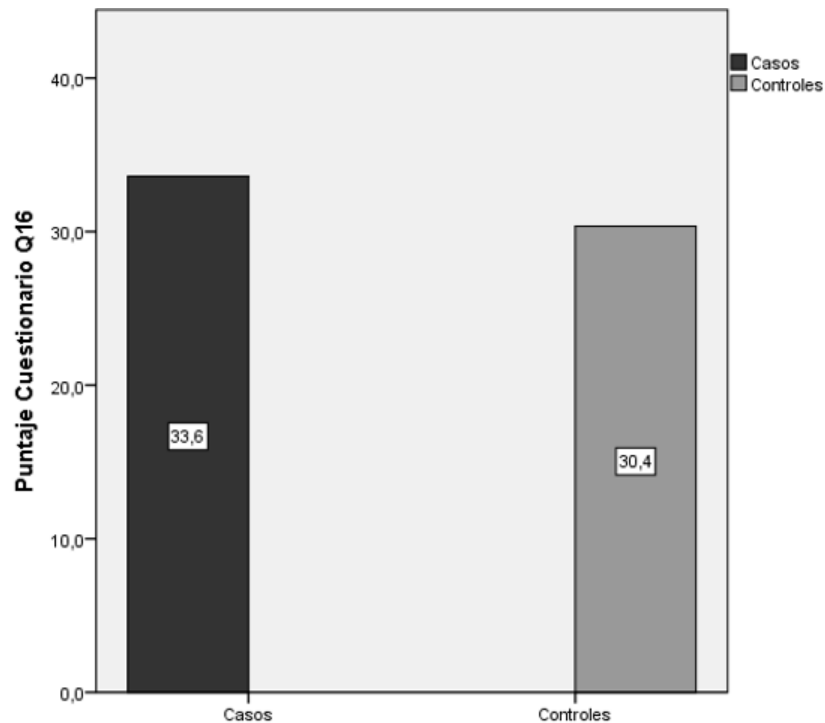


Fig 1. Medias de los resultados obtenidos por el cuestionario Q16. Fuente: Elaboración propia

Dentro de los resultados del cuestionario Q16 para casos y controles, no se encontraron resultados estadísticamente significativos ($p=0,07$) (Figura 1). En color negro se muestra la media del puntaje de los casos, y en color gris la media de los controles.

5.2 Farnsworth-Munsell 100-hue test

De manera similar a la observada para el cuestionario Q16, para el puntaje total del test, no se encontraron diferencias significativas ($p= 0,90$). En la columna de la izquierda sombreada de color negro se encuentra el promedio del puntaje total para el grupo de los casos, y en la columna de la derecha la media de los controles. (Fig 2.)

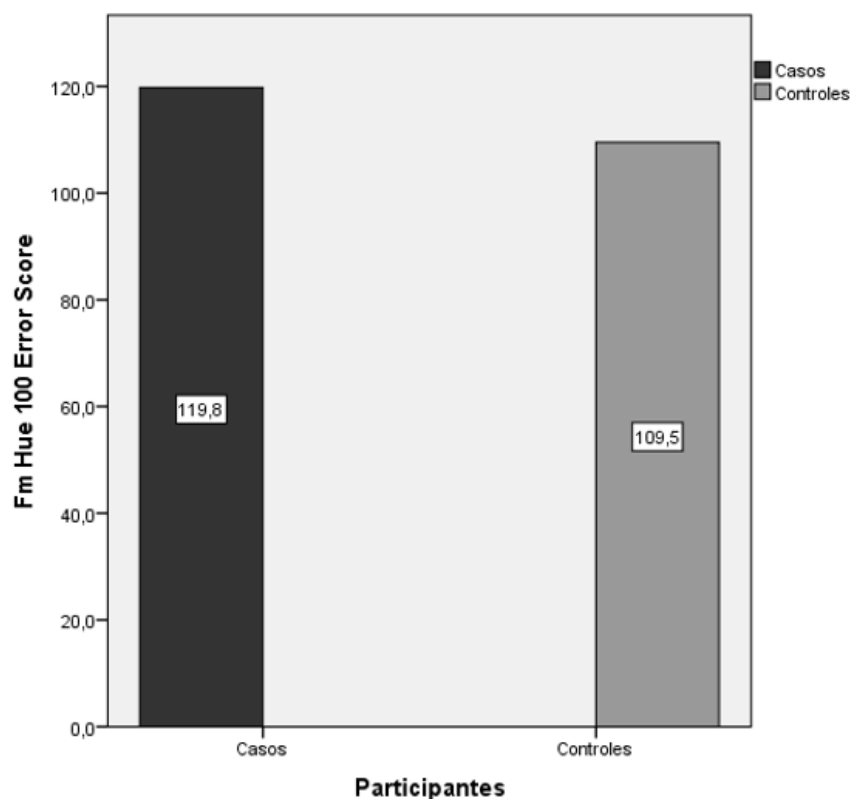


Fig. 2. Medias del puntaje total usando el FM Hue 100 de casos y controles. Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó con anterioridad en la revisión de la literatura, la manera más confiable para analizar los resultados de la prueba, se hace necesario aplicar la raíz cuadrada a cada uno de los datos obtenidos por el paciente. Para esta variable no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,09$).

La media de los casos se encuentra en la columna de color gris oscuro y la media de los controles en la columna de color gris claro (Fig. 3).

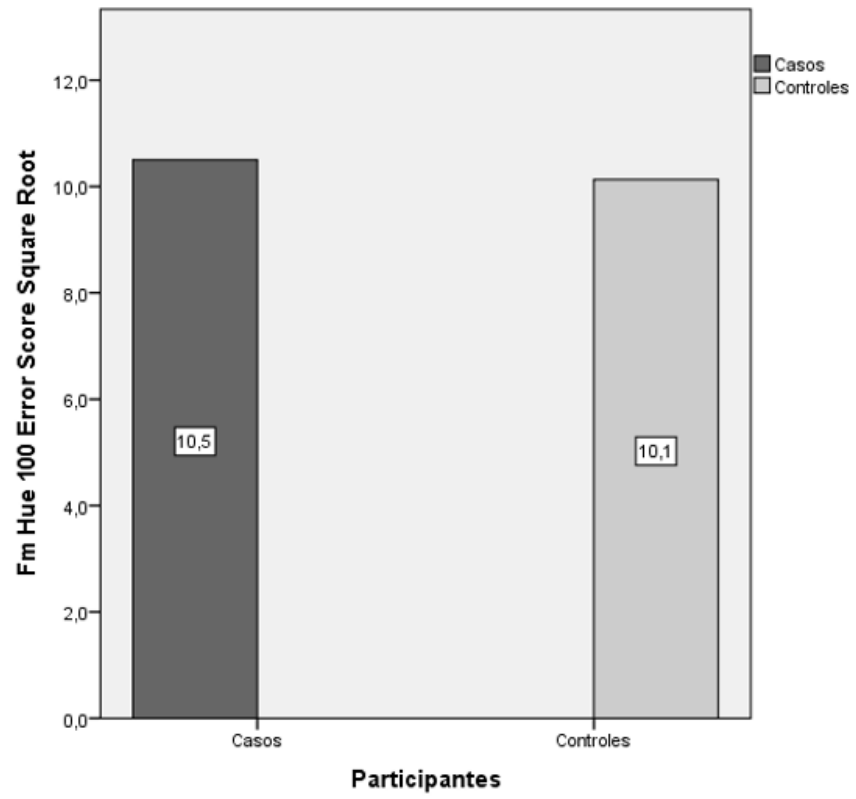


Fig. 3. Medias de la raíz del error obtenido del FM Hue 100 para casos y controles. Fuente: Elaboración propia

5.3 Caracterización de las alteraciones en la visión cromática

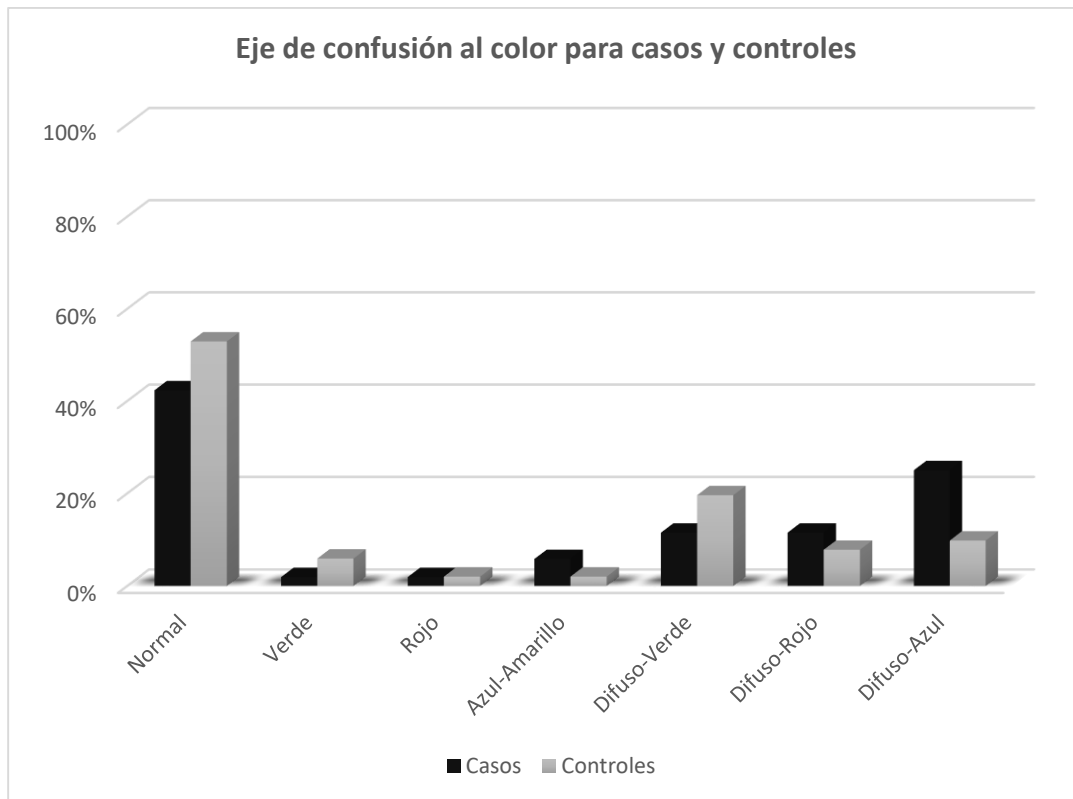


Fig 4. Porcentaje del eje de confusión en los grupos de casos y controles. Fuente: Elaboración Propia.

Se calculó el porcentaje tanto para el grupo de trabajadores expuestos a pesticidas (casos de color negro) y para el grupo de trabajadores no expuestos (controles de color gris) (Fig. 4). Además, fueron consideradas categorías difusas, las cuales representan una alteración generalizada de los diferentes ejes, pero con mayor predominancia en el color definido. Por ejemplo, para el caso de la categoría “Difuso-Verde” se encontrarían alteraciones tanto en la percepción del color rojo, azul-amarillo y verde, pero este último terminaría siendo el que mayor afectación posee.

En la caracterización de alteraciones se encontró al 42% de casos (n=22) y el 59,2% de controles (n=27) sin alguna alteración en la percepción del color. Adicionalmente a las alteraciones del color se incluyeron categorías difusas que especifican una percepción anómala en algunos de los otros ejes, sin embargo, se presenta mayoritariamente en el eje que lo denomina. La distribución de alteraciones al color en el caso de los casos fue liderada por la categoría difuso-tritan (25%) y en los controles fue la categoría difuso-deutan (19,6%)

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con base a los resultados obtenidos para el cuestionario Q16, se constata que no existen diferencias entre las medias del grupo de casos y el grupo de los controles, y en soporte a la tabla de clasificación para dicho cuestionario, ambos grupos estarían ubicados en un nivel medio-bajo en cuestión de síntomas neurotóxicos que los pacientes auto reportan. Es posible que la semejanza entre los dos grupos se haya dado debido a que los trabajadores de los diferentes sistemas agrícolas incluidos para este estudio no siempre rotaban por la misma labor, y por lo tanto, el grado de exposición tendría una tendencia a ser variable. Además, el hecho de que solamente hayan trabajado cinco años no es un tiempo suficiente para generar síntomas neurotóxicos. (27)

Para el caso tanto de los resultados del puntaje total del FM Hue 100 y la aplicación de la raíz cuadrada, de igual manera no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los dos grupos. Mientras que los datos hallados en el puntaje total tanto de los casos como para los controles son resultados normales para los grupos de edad incluidos para este estudio (35), en cuanto a la raíz cuadrada del error no existe el mismo comportamiento. Según Kinneer (34), para los rangos de edad entre 20 y 29 años, y 30 y 39 años, la media de raíz del error debería ser $5,69 \pm 2,07$ y $6,71 \pm 2,90$, respectivamente. Por lo tanto, las medias obtenidas para ambos grupos (casos=10,5, controles = 10,3) sobrepasarían levemente la media de referencia.

De manera similar a estudios previos, en donde se realizó Farnsworth D-15 y Lanthony D-15 para evaluar la visión al color en trabajadores expuestos a pesticidas, si se observó que la exposición a pesticidas en niveles elevados puede llegar a generar disminución en la percepción de la visión al color (36). Adicionalmente, el FM Hue 100 permitió no solo detectar una anomalía, sino la cualificación pertinente del eje que se encontraba más afectado en los trabajadores expuestos.

Con relación al eje de confusión al color para casos y controles, mayoritariamente se encontraron alteraciones en el eje tritan de manera semejante a un estudio realizado en trabajadores expuestos a solventes orgánicos (37). Cabe resaltar que los solventes orgánicos están compuestos por químicos similares a algunos encontrados en pesticidas, y por tanto resulta valido hacer la comparación.

Así mismo, en otro estudio realizado en Brasil en trabajadores de gasolineras, para el cual se usó el test Lanthony D-15 y el Cambridge Colour Test, se encontró alterada la visión al color, con errores para cada uno de los ejes de percepción, de igual manera a los datos obtenidos para este estudio. Para dicha investigación se realizaron estudios genéticos con el fin de descartar alguna alteración congénita de la visión cromática. (38).

En cuanto a los resultados obtenidos que presentaban una categoría difusa, algunos autores han mencionado que cuando existe un compromiso simultáneo de la visión azul-amarillo y rojo-verde, puede estar involucrado un daño en la vía neuroóptica. (21). Sin embargo, otros autores creen que la alteración de la visión al color puede deberse a una falla de receptores de membrana nerviosos o la desmielinización del nervio óptico producida por la exposición crónica. (39)

7. CONCLUSIONES

El test Farnsworth Hue 100 permite caracterizar de una manera confiable y medir la efectividad de la discriminación del color tanto en personas con alteraciones de la percepción del color como las que no poseen ninguna anomalía. Los resultados arrojados por dicho test en el estudio concluyen que para ambos grupos existe una afectación generalizada leve en la visión del color, por los parámetros establecidos en la selección de casos y controles. La evaluación en trabajadores expuestos a pesticidas durante periodos más largos de tiempo plantearía un comportamiento diferencial al evidenciado en la investigación.

El eje tritan fue el que más se vio afectado para el grupo control, y por lo tanto puede ser un indicio de que la percepción de longitudes cortas para el espectro visible puede ser la más afectada. La afectación en la visión al color se pudo constatar en el test usado, lo que hace pensar en un análisis exhaustivo en cuanto a la regulación del uso de agroquímicos para el país.

Los resultados en el cuestionario Q16 ligados a los datos obtenidos con el test Farnsworth Hue 100, determinan que, aunque no existe una neurotoxicidad y alteración al color avanzada, de seguir al mismo grado de exposición, pueden llegar a hacerse más evidentes las complicaciones tanto a nivel sintomático, como a nivel clínico. Por tanto, más allá de un estudio académico, las conclusiones obtenidas para este estudio son de gran ayuda para la salud pública, específicamente para las labores en las que se usa este tipo de sustancias.

8. RECOMENDACIONES

Por las características y alta confiabilidad expuesta por parte del test Farnsworth Hue 100, se recomienda el uso de la prueba como herramienta diagnóstica para futuros estudios en evaluación del color en trabajadores expuestos a pesticidas. En las investigaciones observadas previamente, son pocas las que usan este test, y podría llegar a ser un método complementario a otros procedimientos.

Estrategias tales como rotación de puestos de trabajo y el uso de pesticidas menos tóxicos, pueden llegar a ser efectivas para esta problemática de salud en el país.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Dixon, J., Gulliver, A., & Gibbon, D. (2001). Sistemas de producción agropecuaria y pobreza: cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante. *Malcolm Hall. FAO*.
2. Escobar, G., & Berdegué, J. (1990). Tipificación de sistemas de producción agrícola.
3. Gong Y, Kishi R, Kasai S, Katakura Y, Fujiwara K, Umemura T, et al. Visual dysfunction in workers exposed to a mixture of organic solvents. *Neurotoxicology*. 2003;24:703–10.30
4. Hewitt, P. G. (2002). *Conceptual physics*. Pearson Educación.
5. Burnyeat, M. F. (1994). ¿ Qué sucede cuando Aristóteles ve el color rojo y oye el do mayor?.
6. Agoston, G. A. (2013). *Color theory and its application in art and design* (Vol. 19). Springer.
7. Walters, H. V. (1942). Some experiments on the trichromatic theory of vision. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 131(862), 27-50.
8. Buchsbaum, G., & Gottschalk, A. (1983). Trichromacy, opponent colours coding and optimum colour information transmission in the retina. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 220(1218), 89-113.
9. Wilson, J. N. (1940). A theory of chromatography. *Journal of the American Chemical Society*, 62(6), 1583-1591.
10. Eihnger B, Dowling J. Retinal Neurocircuitry and Transmission. En: Bjoklund A, Hokfelt T, Swanson LW (eds.). *Handbook of Chemical Neuroanatomy*. Nueva York; Elsevier, 1987
11. Terssier M. Phototransduction and Information. Processing in the Retina. En: Kandel E, Schwartz J, Jessell T (eds). *Principles of Neural Science*. Nueva York; Elsevier, 1991. p. 340-65
12. Alcaraz V. Estructura y función del sistema nervioso. En: Alcaraz V. Estructura y función del sistema nervioso, percepción sensorial y estados del organismo. 2ª ed. Mexico; Manual Moderno, 2000
13. Porter, J., Guirao, A., Cox, I. G., & Williams, D. R. (2001). Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *JOSA A*, 18(8), 1793-1803.
14. Hart WM Jr. Acquired dyschromatopsias. *Surv Ophthalmol*. 1987; 32:10-31
15. Fong DS, Barton FB, Bresnick GH. Impaired color vision associated with diabetic retinopathy: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report No. 15. *Am J Ophthalmol*. 1999;128:612-7
16. Mantyjarvi M, Tuppurainen K. Clinical symptoms at different ages in autosomal dominant retinitis pigmentosa. A family study in three generations. *Ophthalmologica*. 1994;208:23-8
17. O'Neill-Biba M, Sivaprasad S, Rodriguez-Carmona M, et al. Loss of chromatic sensitivity in AMD and diabetes: a comparative study. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2010;30:705-16
18. Pokorny J, Smith VC, Verriest G, Pinckers AJLG. Congenital and acquired color vision defects. New York, Grune & Stratton; 1979

19. Smith VC, Pokorny J, Diddie KR. Color matching and Stiles Crawford effect in central serous choroidopathy. *Mod Probl Ophthalmol.* 1978;19:284-95
20. Neubauer AS, Samari-Kermani K, Schaller U, et al. Detecting chloroquine retinopathy: electro-oculogram versus colour vision. *Br J Ophthalmol.* 2003;87:902-8
21. . Paramei GV, Meyer-Baron M, Seeber A. Impairments of colour vision induced by organic solvents: a meta-analysis study. *Neurotoxicology.* 2004;25:803e16
22. WHO. Tuberculosis - fact sheet number 104. Geneva, Organization WH; 2014
23. Verriest G. Further studies on acquired deficiency of color discrimination. *J Opt Soc Am.* 1963;53:185e95
24. WHO. Public Health impact of Pesticides Used in Agriculture. Ginebra: WHO 1990
25. www.fao.org. Guidelines for Legislation on the Control of Pesticidas. Food and Agricultura Organization of the United Nations. 1989
26. Bradberry SM, Vale JA. Organophosphorus and Carbamate Insecticides. In: Brent J, Wallece K, Burkhart K, Phillips S, Donovan JW. *Critical Care Toxicology: Diagnosis and Manegement of the Critically Poisined Patient.* 1ra Edición. Ed. Elsevier Mosby. Philadelphia; 2005: 937-946.
27. Lundberg, M. H., H Michélsen, G Nise and C Hogstedt (1997). Evaluation of the Q16 Questionnaire on Neurotoxic Symptoms and a Review of its Use. *Occupational Environmental Medicine*, 54, 343-350
28. Jiménez Barbosa, Í. A., Khuu, S., & Boon, M. Y. (2011). Modificación del cuestionario de síntomas neurotóxicos (Q16). *Cien. Technol. Salud. Vis. Ocul.*, 9, 19–37.
29. Farnsworth D. The Farnsworth-Munsell 100 hue and Dichotomous tests for colour vision. *J Opt Soc Am* 1943;33:568-78.
30. Donaldson GB. Instrumentation for the Farnsworth-Munsell 100-Hue test. *J Opt Soc Am* 1977;67:248-9
31. Birch J. A method of qualitative scoring of the Farnsworth D-15 panel. *Acta Ophthalmol* 1982;60:907-16
32. Dain SJ. Clinical colour vision tests. *Clin Exp Optom* 2004;87:276-93
33. Farnsworth D. *The Farnsworth-Munsell 100-hue Test for the Examination of Color Discrimination.* Baltimore. Md.: Munsell Color Cornpany. Inc, 1957.
34. Kinnear PR. Proposals for scoring and assessing the 1 00-Hue Test. *Vision Res* 1 970;10:423-433.
35. Luque, M.J. De fez, M.D. Diez, M. . (2001). Directrices para la administración del test FM-100 hue. *Ver Y Oir, Julio*, 413–420.
36. Dick, R. B., Steenland, K., Krieg, E. F., & Hines, C. J. (2001). Evaluation of acute sensory-

motor effects and test sensitivity using termiticide workers exposed to chlorpyrifos. *Neurotoxicology and Teratology*, 23(4), 381–393. [https://doi.org/10.1016/S0892-0362\(01\)00143-X](https://doi.org/10.1016/S0892-0362(01)00143-X)

37. Betancur-Sánchez, A. M., Vásquez-Trespacios, E. M., & Sardi-Correa, C. (2017). Discromatopsias y exposición a solventes orgánicos: una revisión sistemática. *Archivos de La Sociedad Española de Oftalmología*, 92(1), 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2016.05.008>
38. Costa TL, Barboni MTS, Moura AL de A, Bonci DMO, Gualtieri M, de Lima Silveira LC, et al. Long-term occupational exposure to organic solvents affects color vision, contrast sensitivity and visual fields. *PLoS One*. 2012;7(8).
39. Byun J, Lee K, Kim Y, Ko K, Lee Y. Acquired dyschromatopsia in women workers in shoe manufacturing who were exposed to organic solvent. *J Occup Environ Med*. 2001;13:232–41.

10. ANEXOS

Anexo 1: ENCUESTA BASE DE ANTECEDENTES



EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE SALUD HUMANA, ANIMAL Y AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA POR EL USO DE AGROQUÍMICOS

Código _____

ENCUESTA BASE ANTECEDENTES

1. Edad (años): _____
2. Genero
Masculino
Femenino
3. ¿Usted padece de diabetes?
Si
No
4. ¿Usted padece de hipertensión?
Si
No
5. ¿Usted padece de cancer?
Si
No
6. ¿Usted padece de enfermedades neurológicas? Si su respuesta es sí, diga el nombre de la enfermedad.
Si
No
Nombre de la enfermedad _____
7. ¿Usted padece de ansiedad o depresión?
Si
No
8. ¿Usted fuma? Si su respuesta es sí, responda la pregunta 9
Si
No
9. ¿Cuántos cigarrillos fuma al día?
0-4 5-9
10-14 15-19
≥20
10. ¿Usted bebe alcohol? Si su respuesta es sí, responda la pregunta 11
Si
No

11. ¿Cuántas bebidas alcohólicas consume al día?

Código _____

0-4

5-9

10-14

15-19

≥20

12. ¿Usted toma medicamentos? Si su respuesta es sí, pase a la pregunta 13

Sí

No

13. ¿Para qué son los medicamentos que toma?

Infecciones

Diabetes

Hipertensión

Alergias

AINES

Corticoides

Otro (cual) _____

Anexo 2. Cuestionario Q16 Modificado



EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE SALUD HUMANA, ANIMAL Y AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA POR EL USO DE AGROQUÍMICOS

Código _____

CUESTIONARIO Q16 MODIFICADO

N°	AFIRMACIÓN	ESCALA				
		Fuertemente en desacuerdo	Desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Fuertemente de acuerdo
1	Tengo memoria a corto plazo					
2	Mis familiares y/o amigos me han dicho que soy olvidadizo					
3	Olvido las actividades que considero importantes					
4	Generalmente es difícil comprender las noticias, programas, o series de ficción que veo en TV o escucho en la radio					
5	Tengo problemas para concentrarme					
6	A menudo me siento irritado sin razón					
7	A menudo me siento deprimido o triste sin una razón particular					
8	Tengo problemas para decidir hacer las cosas que sé que debo hacer					
9	Me siento anormalmente cansado					
10	Algunas veces siento presión sobre mi pecho					
11	He sentido que me caigo de repente mientras estaba sentado o caminando					
12	A menudo siento hormigueo doloroso en alguna parte de mi cuerpo					
13	Tengo problemas abotonando y desabotonando mis prendas de vestir					
14	Siento que he perdido fuerza en mis brazos y piernas					
15	Siento que tengo menos sensibilidad o he perdido completamente sensibilidad en algunas partes de mis brazos o piernas					
16	A menudo me despierto y luego tengo problemas para conciliar el sueño nuevamente					

Anexo 3. Diligenciamiento del Farnsworth Hue 100



EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE SALUD HUMANA, ANIMAL Y AMBIENTAL EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
POR EL USO DE AGROQUÍMICOS

Código _____

FARNSWORTH HUE 100

85	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Score	

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	Score		

43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	Score		

64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	Score		

Anexo 4.

LISTA DE PRESENTACIONES DEL TRABAJO

EVENTO	FORMA DE PRESENTACIÓN
I Foro de Experiencias Clínicas en Optometría de la Universidad de la Salle- 2017	Presentación Oral
VI Encuentro institucional y I internacional de semilleros de investigación de la Universidad de la Salle- 2018	Presentación Oral