

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

2023/2024

**EFICACIA DE LA TERAPIA VISUAL EN EL  
TRATAMIENTO DE LA AMBLIOPÍA**



**DAVID SÁNCHEZ RUIZ**



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
FACULTAD DE MEDICINA

**INSTITUTO UNIVERSITARIO DE OFTALMOBIOLOGÍA APLICADA**

**MÁSTER EN REHABILITACIÓN VISUAL**  
TRABAJO FIN DE MÁSTER

**EFICACIA DE LA TERAPIA VISUAL EN EL  
TRATAMIENTO DE LA AMBLIOPÍA**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

DAVID SÁNCHEZ RUIZ

VALLADOLID, JUNIO DE 2024

TUTOR: JOSÉ ALBERTO DE LÁZARO YAGÜE

## **RESUMEN**

La ambliopía es un trastorno visual del neurodesarrollo que surge debido a una o varias alteraciones binoculares que se denominan factores ambliogénicos. Generalmente, el primero paso en el tratamiento suele ser la corrección óptica, seguido de la aplicación de parche y/o tratamiento farmacológico. Sin embargo, en la última década, ha ocurrido un resurgimiento de la investigación sobre nuevas terapias para el tratamiento de la ambliopía tanto en niños como en adultos, las cuales enfatizan que las terapias monoculares pueden no ser las más efectivas para trastornos binoculares como la ambliopía.

El objetivo principal de esta revisión es determinar la eficacia de la terapia visual en el tratamiento de la ambliopía a partir del análisis de estudios que evidencien la mejora de agudeza visual y la restauración de la fusión binocular. Para ello, se emplearon tres bases de datos: PubMed, Scopus y Google Scholar. De todos los artículos analizados, se seleccionaron 13 estudios, los cuales se agruparon según el tipo de tratamiento empleado para tratar la ambliopía.

En esta revisión bibliográfica se revisan los principales tratamientos de la ambliopía basados en la terapia visual como el aprendizaje perceptivo, el entrenamiento dicóptico, el tratamiento binocular interactivo, la terapia de visión equilibrada y el Occlu-Pad. Además, se analiza la eficacia de cada uno de estos tratamientos, basándonos en la mejora de la agudeza visual, la ganancia de agudeza estereoscópica y el aumento de la sensibilidad al contraste.

Los estudios sugieren que las nuevas terapias, junto con los avances tecnológicos, han logrado mejoras significativas en la agudeza visual, la agudeza estereoscópica y la integración binocular. Además, estas terapias innovadoras han resultado ser eficaces incluso en adultos, superando en esto a los tratamientos convencionales.

**Palabras clave:** ambliopía, terapia visual, agudeza visual, integración binocular, aprendizaje perceptivo, entrenamiento dicóptico.

## **ABSTRACT**

Amblyopia is a visual disorder of neurodevelopment that arises due to one or several binocular disturbances known as amblyogenic factors. Generally, the first step in treatment is usually optical correction, followed by patching and/or pharmacological treatment. However, in the past decade, there has been a resurgence of research into new therapies for the treatment of amblyopia in both children and adults, emphasizing that monocular therapies may not be the most effective for binocular disorders like amblyopia.

The main objective of this review is to determine the efficacy of visual therapy in the treatment of amblyopia by analyzing studies that demonstrate improvement in visual acuity and the restoration of binocular fusion. To this end, three databases were used: PubMed, Scopus, and Google Scholar. Out of all the articles analyzed, 13 studies were selected and grouped according to the type of treatment used for amblyopia.

This literature review examines the main amblyopia treatments based on visual therapy, such as perceptual learning, dichoptic training, interactive binocular treatment, balanced vision therapy, and Occlu-Pad. Additionally, the efficacy of each of these treatments is analyzed based on improvements in visual acuity, gains in stereoscopic acuity, and increased contrast sensitivity.

The studies suggest that new therapies, along with technological advances, have achieved significant improvements in visual acuity, stereoscopic acuity, and binocular integration. Furthermore, these innovative therapies have proven effective even in adults, surpassing conventional treatments in this regard.

**Keywords:** amblyopia, vision therapy, visual acuity, binocular integration, perceptual learning, dichoptic training.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. METODOLOGÍA .....	4
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	6
4.1. Eficacia del tratamiento de la ambliopía .....	8
4.1.1. Aprendizaje perceptivo .....	8
4.1.2. Entrenamiento dicóptico .....	10
4.1.3. Tratamiento binocular interactivo (I-BiT) .....	13
4.1.4. Terapia de visión binocular equilibrada .....	15
4.1.5. Occlu-Pad .....	16
5. CONCLUSIONES .....	18
6. BIBLIOGRAFÍA .....	19

## 1. INTRODUCCIÓN

La terapia visual, también conocida como rehabilitación visual, es un tratamiento no invasivo basado en actividades neurosensoriales y neuromusculares secuenciales prescritas y monitoreadas individualmente por profesionales de la visión para desarrollar, rehabilitar y mejorar las habilidades y el procesamiento visual eficiente (Piñero, 2016).

Un programa de terapia visual debe basarse en los resultados de procedimientos estandarizados incluidos en un examen ocular integral, teniendo en cuenta la edad, los síntomas y las necesidades del paciente. Se realiza en sesiones de consultorio bajo la supervisión de un optometrista y se complementa con un programa de ejercicios en casa para reforzar las habilidades visuales en desarrollo. Un programa de terapia visual puede incluir el uso de instrumentos, lentes, prismas, vectogramas, filtros, oclusores y programas informáticos específicos. La duración del tratamiento de terapia visual varía según el diagnóstico y el paciente, y suele oscilar entre varios meses y períodos de tiempo más largos (Rucker & Phillips, 2018).

La ambliopía, también conocida como “ojo vago”, es un trastorno visual del neurodesarrollo que surge debido a una alteración binocular durante los primeros años de vida. Normalmente, la ambliopía se define clínicamente como una agudeza visual reducida acompañada de uno o más factores ambliogénicos, como estrabismo, anisometropía, alto error refractivo y cataratas. Los factores ambliogénicos interfieren en el desarrollo normal de las vías visuales durante el período crítico de maduración y, como resultado, provocan un deterioro estructural y funcional de la corteza visual y, por ende, una alteración de la visión (Birch, 2013).

La prevalencia global de la ambliopía es de 2 a 5% y ocupa el segundo lugar después del error refractivo como la causa más común de pérdida de visión en bebés y niños (Attebo et al., 1998). Los déficits funcionales resultantes de la ambliopía incluyen: sensibilidad al contraste reducida, mala visión espacial, estereovisión deficiente y apiñamiento foveal (Chaturvedi et al., 2023). La suposición teórica es que la ambliopía resulta de una falta de coincidencia entre las imágenes en cada ojo, de modo que la información del ojo más débil se suprime, lo que lleva a una mala agudeza visual en ese ojo. Los tratamientos convencionales, como parches, gotas de atropina y filtros que penalizan el ojo contrario y fuerzan el uso monocular del ojo ambliope han sido utilizado como tratamiento durante cientos de años (Loudon & Simonsz, 2005).

En la actualidad, a pesar de que la terapia oclusiva es el primer tratamiento para recuperar la agudeza visual en pacientes con ambliopía, hay quienes no tienen una buena respuesta con el parche, algunos debido a una mala adherencia y otros debido a algún tipo de resistencia al parche. Una de las causas de la resistencia al parche puede ser la consecuencia del efecto negativo que la oclusión tiene sobre la binocularidad (Hernández-Rodríguez et al., 2021). Narasimhan et al. (Narasimhan et al., 2012) informaron sobre el papel crucial que desempeña la supresión en la

ambliopía y su probable relación con los pacientes resistentes al parche. Además, Hess et al. (Hess et al., 2014) observaron que después de una oclusión de corta duración, cuando se retira el parche, el ojo previamente parcheado aumenta temporalmente su contribución a la visión binocular debido a una señal más fuerte de ese ojo. Por lo tanto, sugirieron que la oclusión del ojo contralateral mejora la agudeza visual del ojo ambliope, pero también podría aumentar la supresión interocular. Este hecho es controvertido y aún no se comprende bien, pero puede explicar por qué algunos pacientes no mejoran con el tratamiento y alienta a los médicos a buscar alternativas que puedan actuar como un adyuvante a la oclusión.

En los últimos años, el progreso tecnológico y el avance en el conocimiento sobre los mecanismos neurales de la ambliopía han permitido a investigadores y clínicos desarrollar nuevos enfoques terapéuticos basados en el entrenamiento de la visión utilizando estímulos visuales específicos que promueven la mejoría visual debido a la neuroplasticidad, e incluso involucrando habilidades atencionales utilizando videojuegos (Hernández-Rodríguez et al., 2021). Este es el caso de la terapia visual utilizando técnicas de aprendizaje perceptivo, que consiste en la estimulación del ojo ambliope a través de diferentes tareas visuales repetitivas (Levi & Li, 2009).

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es determinar la eficacia de la terapia visual en el tratamiento de la ambliopía.

Asimismo, se pueden destacar los siguientes objetivos secundarios:

1. Determinar la efectividad de estos tratamientos en pacientes que han superado el periodo crítico.
2. Determinar cuáles de estos tratamientos son los más y los menos efectivos.
3. Determinar si estos nuevos tratamientos pretenden sustituir a los convencionales.

### 3. METODOLOGÍA

La revisión bibliográfica se realizó siguiendo las directrices de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) de 2020. Se realizó una estrategia de búsqueda desde el 1 de marzo hasta el 14 de junio en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus y Google Scholar.

Con el objetivo de abarcar los artículos de interés, se han utilizado palabras clave como “amblyopia”, “vision therapy”, “perceptual learning”, “dichoptic training”, “interactive binocular treatment”, “balanced binocular viewing therapy” y “Occlu-Pad”. Además, se ha hecho uso del operador booleano “AND” para incluir varios términos. La búsqueda ha sido acotada a los estudios publicados entre los años 2010 y 2024, haciendo mayor hincapié en los últimos 10 años.

Los artículos seleccionados se identificaron y evaluaron según criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión fueron:

- Publicaciones posteriores a 2013.
- Artículos originales, informes de casos y series de casos.
- Publicaciones en inglés.
- Investigaciones que informen sobre la eficacia de la terapia visual en el tratamiento de la ambliopía.

Los criterios de exclusión fueron:

- Publicaciones anteriores a 2014.
- Comentarios editoriales y cartas al editor.
- Publicaciones que no estén en inglés.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de la selección de artículos aplicados en el presente trabajo (Figura 1).

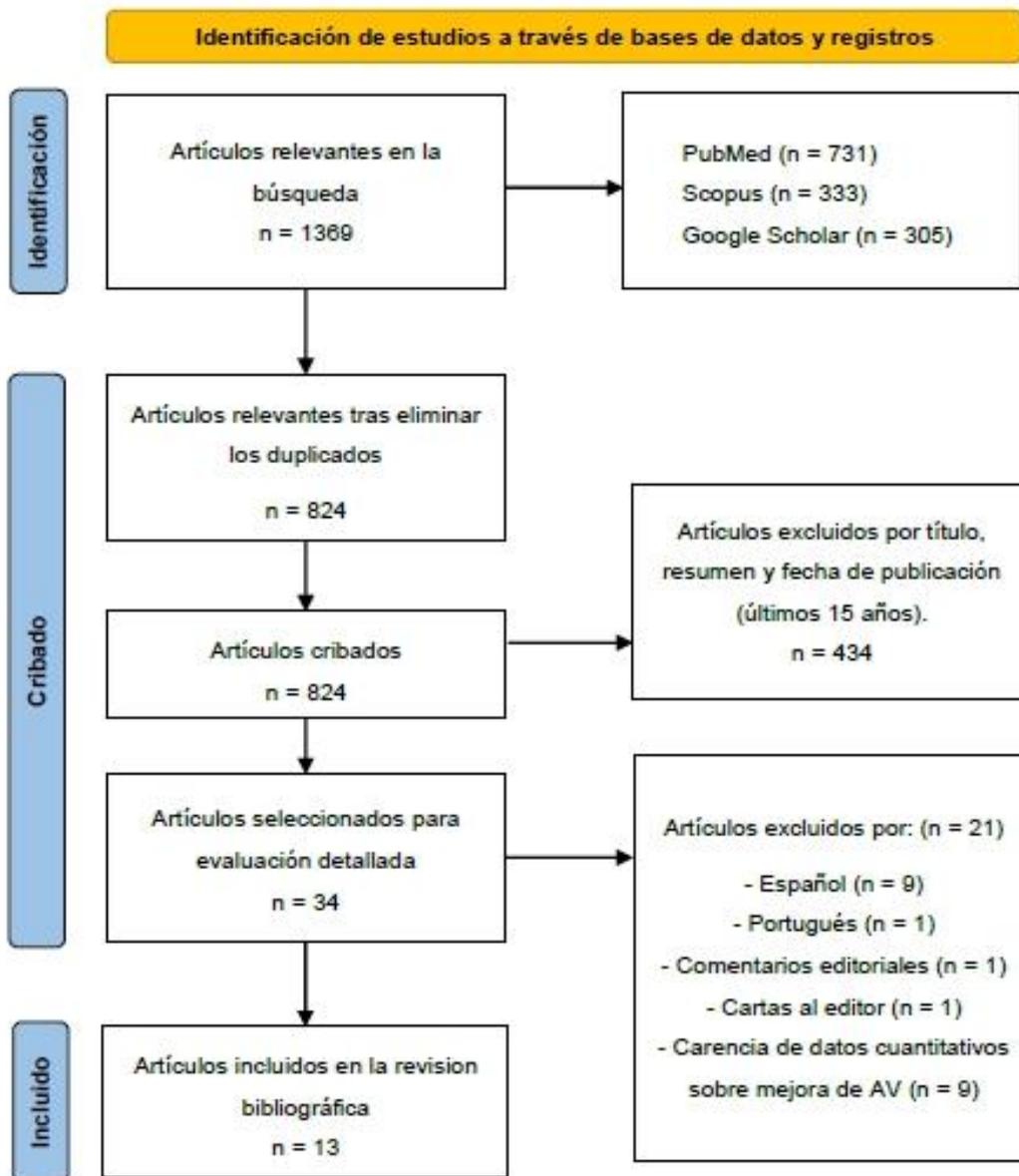


Figura 1. Diagrama de flujo para la búsqueda de artículos acerca de la eficacia de la terapia visual en el tratamiento de la ambliopía.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se va a desarrollar la información obtenida de los 13 artículos seleccionados, los cuales van a ser analizados con el objetivo de llegar a conclusiones sobre la eficacia de diferentes tipos de tratamientos de la ambliopía basados en la terapia visual.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestran los artículos analizados junto al método empleado, el tipo de ambliopía, la duración del tratamiento, el tamaño de la muestra, el rango de edad y el promedio de mejora de agudeza visual.

Tabla 1. Características de los estudios analizados.

<b>Autor y año</b>	<b>Método</b>	<b>Tipo de ambliopía</b>	<b>Duración del tratamiento</b>	<b>Tamaño de la muestra (personas)</b>	<b>Rango de edad (años)</b>	<b>Promedio de mejora de AV (logMAR)</b>
Zang et al., 2014	Aprendizaje perceptivo	A.A., A.E. y A.M.	6-8 días (16-20 horas)	19	19-27	0,15-0,16
Chen et al, 2016	Aprendizaje perceptivo monocular	A.A.	7-12 días (8 horas)	13	18,07 ± 7,84	0,31 ± 0,25
Jia et al., 2018	Aprendizaje perceptivo monocular	A.A.	6-10 días	19	18,5 ± 1,26	0,51-0,34
Holmes et al., 2016	Entrenamiento dicóptico	A.A., A.E. y A.M.	16 semanas (96 horas)	190	5-12	0,1 (0,25 ± 0,15 en niños de 5 a <7 años)
Mezad-Koursh et al., 2018	Entrenamiento dicóptico	A.A., A.E. y A.M.	12 semanas (72 horas)	19	4-8	0,26
Birch et al., 2015	Entrenamiento dicóptico	A.A., A.E. y A.M.	16 semanas (112 horas)	45	3-7	0,09
Manh et al., 2018	Entrenamiento dicóptico	A.A., A.E. y A.M.	4 semanas (80 horas)	40	13-17	0,1

Herbison et al., 2016	Tratamiento binocular interactivo (I-BiT)	A.A., A.E. y A.M.	6 semanas (3 horas)	75	4-8	0,1
Rajavi et al., 2016	Tratamiento binocular interactivo (I-BiT)	A.A.	1 mes (6,6 horas)	25	3-10	0,17
Bossi et al., 2017	Terapia de visión binocular equilibrada	A.A., A.E. y A.M.	8-24 semanas (80 horas)	22	3-11	0,27 ± 0,22
Iwata et al., 2018	Occlu-Pad	A.A.	6 meses (24 horas)	22	4,7 ± 1,2	0,29
Iwata et al., 2018	Occlu-Pad	A.A.	6 meses (24 horas)	23	3-7	0,3
Totsuka et al., 2018	Occlu-Pad	A.A.	6 meses (120 horas)	35	3-9	0,69
Totsuka et al., 2018	Occlu-Pad	A.E.	9 meses (180 horas)	37	3-9	0,59

A.A.: ambliopía anisométrica; A.E.: ambliopía estrábica; A.M.: ambliopía mixta.

#### **4.1. Eficacia del tratamiento de la ambliopía**

El tratamiento convencional de la ambliopía se basa en el aumento de la estimulación visual del ojo ambliope mediante oclusión, atropina o penalización óptica del ojo dominante. Todos ellos se han mostrado eficaces en la mejora visual, especialmente en la función monocular. Sin embargo, el manejo de la ambliopía sigue siendo un desafío debido, particularmente, a problemas de cumplimiento y a los resultados subóptimos del tratamiento (Papageorgiou et al., 2019).

Estudios recientes han demostrado evidencia científica en diferentes tipos de tratamientos de la ambliopía basados en la terapia visual, tales como el aprendizaje perceptivo, el entrenamiento dicóptico, el tratamiento binocular interactivo, la terapia de visión binocular equilibrada o el Occlu-Pad, los cuales favorecen la restauración de las funciones binoculares. Estos nuevos tratamientos aún siguen bajo investigación y desarrollo (Papageorgiou et al., 2019).

##### **4.1.1. Aprendizaje perceptivo**

El aprendizaje perceptivo fue definido por Gibson en 1963 como “cualquier cambio relativamente permanente y consistente en la percepción de un conjunto de estímulos tras la repetición sistemática de un ejercicio a través del cual se consigue el aprendizaje y el desarrollo del área cortical responsable de la función desarrollada” (Gibson, 1963).

El aprendizaje perceptivo es un proceso activo que se basa en la idea de que la práctica mejora el rendimiento en tareas sensoriales. Este proceso produce cambios neuronales en el córtex visual, lo que provoca modificaciones sinápticas que, a su vez, conduce a una mayor eficacia en la sinapsis a nivel de la corteza visual primaria, mejorando así la visión tanto en adultos como en niños. De esta forma, se logra una mejora en la agudeza visual y la sensibilidad al contraste, mientras se disminuye el ruido neuronal en la vía visual (Dolores Moreira-Pico et al., 2021).

En los últimos años, el progreso tecnológico y el avance en el conocimiento sobre los mecanismos neuronales de la ambliopía han permitido a investigadores y médicos desarrollar nuevos enfoques terapéuticos basados en el entrenamiento visual utilizando estímulos visuales específicos que promueven la mejora visual debido a la neuroplasticidad cerebral (Kraus & Culican, 2018). Estos estímulos pueden ser en forma de agudeza Vernier, detección de Gabor, discriminación posicional, identificación de letras en ruido, discriminación de posición en ruido y detección de contraste (Levi & Li, 2009).

La terapia visual mediante técnicas de aprendizaje perceptivo consiste en la presentación simultánea de estímulos visuales idénticos en ambos ojos o en condiciones de visión monocular, estimulando así el ojo ambliope mediante la repetición de diferentes tareas visuales. Generalmente, el aprendizaje perceptivo se emplea para aumentar la agudeza visual y la

sensibilidad al contraste, aunque puede transferir sus mejoras a otras tareas visuales como al apiñamiento foveal o a la agudeza Vernier (Barollo et al., 2017).

El estimulador visual de Cambridge (CAM) fue el primer dispositivo basado en la teoría del aprendizaje perceptivo. El CAM funciona haciendo rotar rejillas de ondas sinusoidales de alto contraste frente al ojo ambliope mientras el paciente realiza alguna tarea que requiera concentración visual. El tratamiento mediante el CAM, como alternativa a la oclusión convencional, atrajo gran interés, ya que reducía el tiempo de parcheo del ojo dominante a términos de minutos en lugar de meses y, por tanto, eliminaba la desventaja educativa y psicológica para el paciente (Terrell, 1981). Después del interés inicial, su uso disminuyó porque los estudios controlados no mostraron ventajas sobre la oclusión convencional. El aprendizaje perceptivo basado en la estimulación visual como herramienta en el tratamiento de la ambliopía volvió a ganar interés con la llegada de herramientas de software interactivas. La práctica repetitiva de tareas visuales específicas apoyadas en software, con el ojo ambliope ocluido, mejora el rendimiento visual induciendo plasticidad cerebral a nivel del sistema visual (Tytla & Labow-Daily, 1981).

Se sabe que los beneficios de terapia visual basada en el aprendizaje perceptivo son duraderos. Sin embargo, se ha debatido que los resultados, al estar a menudo vinculados a la oclusión del ojo dominante, podrían verse encubiertos. Con respecto a esto, se ha observado que al combinar la oclusión y el aprendizaje perceptivo se obtienen resultados en menos tiempo, en comparación con el uso exclusivo del parche. Esto sugiere que el aprendizaje perceptivo podría ser una herramienta clínica importante para mejorar la función visual tanto en niños como en adultos. No obstante, se requiere un mayor número de estudios clínicos, especialmente en adultos, para determinar las ventajas de esta terapia frente a otras, considerando que la plasticidad cerebral varía según el individuo y está genéticamente codificada, influyendo así en los resultados (García Romo, 2016).

Zang et al. (Zang et al., 2014) investigaron la eficacia del aprendizaje perceptivo en adultos con ambliopía anisométrica y estrábica. El estudio contó con 19 adultos, con edades comprendidas entre 19 y 27 años, y se realizaron entre 6 y 8 sesiones. El entrenamiento se realizó primero a una frecuencia espacial más baja y luego a una más alta, cerca de la frecuencia de corte del ojo ambliope, y se emplearon parches de Gabor para realizar tareas de discriminación de contraste, orientación y Vernier. El entrenamiento consiguió una mejora de agudeza visual de 1,5 a 1,6 líneas y una mejora de estereoagudeza del 53,4%.

Chen et al. (Chen et al., 2016) evaluaron los efectos del aprendizaje perceptivo monocular en pacientes con ambliopía anisométrica. Los resultados obtenidos mostraron una mejora de 1,64 líneas en agudeza visual, lo que fue similar a otros estudios anteriores (Polat et al., 2004; Levi & Li, 2009). Además, el entrenamiento perceptivo monocular mediante detección de contraste

mejoró la sensibilidad al contraste en la frecuencia espacial entrenada, así como en los canales espaciales vecinos con un ancho de banda más amplio que el del sistema visual normal.

Jia et al. (Jia et al., 2018) evaluaron la efectividad del aprendizaje perceptivo monocular para mejorar la agudeza visual, la estereoagudeza y la sensibilidad al contraste en pacientes con ambliopía anisométrica. El estudio entrenó a 19 pacientes adultos durante 6 a 10 días. El entrenamiento mejoró sustancialmente la agudeza visual (de 0,51 a 0,34 logMAR, aproximadamente 2 líneas), la estereoagudeza (de 929,1" a 80,4") y la sensibilidad al contraste en la frecuencia espacial entrenada (67,8%) y en una amplia gama de frecuencias espaciales no entrenadas (84% en promedio).

#### **4.1.2. Entrenamiento dicóptico**

El entrenamiento dicóptico es un tratamiento binocular fundamentado en el aprendizaje perceptivo que implica la presentación simultánea de estímulos independientes en cada ojo y la integración de estos en condiciones de binocularidad (Chaturvedi et al., 2023).

El efecto del tratamiento se obtiene al introducir una tarea que requiera la integración de los dos estímulos en condiciones de visión binocular, consiguiendo así reducir la supresión del ojo ambliope. Para ello, la imagen que se muestra al ojo ambliope debe tener un mayor contraste que la que se muestra al otro ojo (Hess et al., 2014). A medida que mejora la función binocular del paciente, la diferencia de contraste entre los dos ojos se reduce hasta un punto en el que no se aprecie diferencia. La ganancia de agudeza visual va seguida de mejoras en la binocularidad y en la sensibilidad al contraste, presumiblemente debido a la reducción de la supresión (Polat et al., 2009).

Ding y Levi (Ding & Levi, 2011) realizaron un estudio en el que entrenaron la estereopsis de cinco adultos estereociegos con ayuda de un estereoscopio. Los estímulos presentados se ajustaron para que el ojo dominante tenga menos contraste y, por tanto, sea más difícil de discriminar que el ojo no dominante. Una vez que las imágenes se superponen, el paciente percibe una sola imagen, siendo esta una suma de los elementos presentados a cada ojo por separado, consiguiendo así lo que se conoce como fusión binocular (Figura 2A). Con el tiempo, el contraste se puede ajustar a medida que el ojo no dominante mejora con el entrenamiento. Una vez que se logra la fusión, se presentan dos pares de rejillas verticales a los dos ojos estereoscópicamente. En este caso, la tarea del paciente es indicar la profundidad relativa de la rejilla superior, es decir, decir si está más cerca o más lejos que la rejilla inferior (Figura 2B).

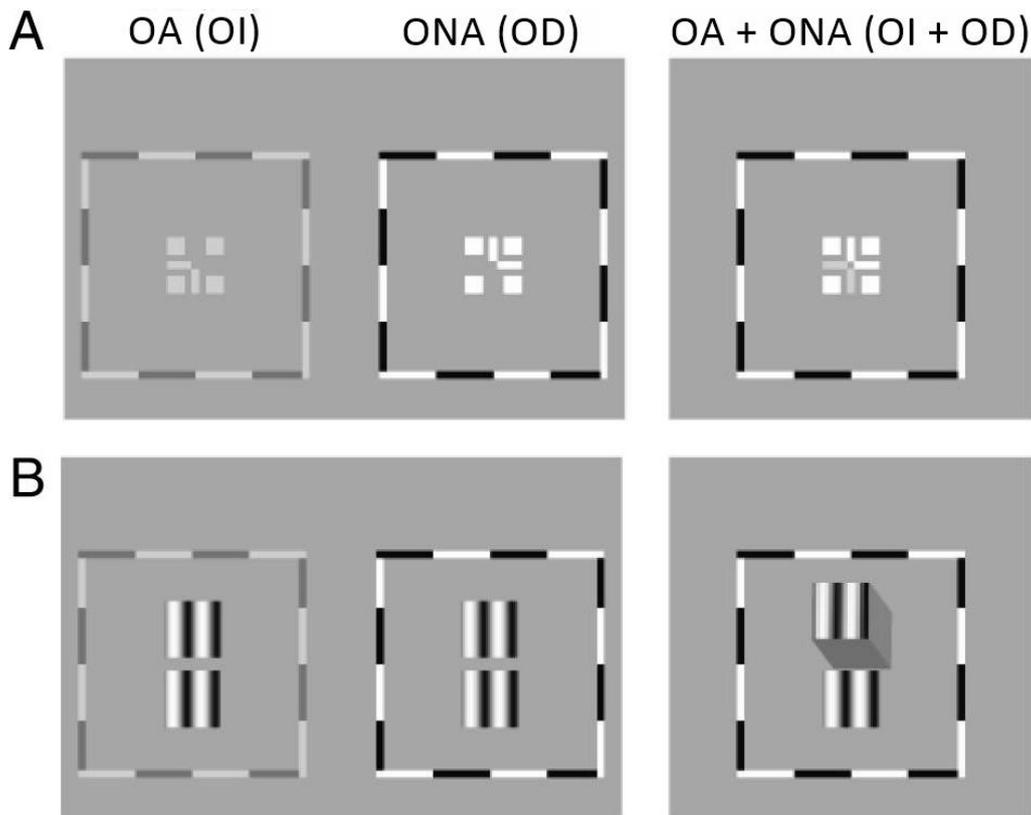


Figura 2. Estímulos dicópticos presentados a pacientes con ambliopía (Ding & Levi, 2011).

OA: ojo ambliope; ONA: ojo no ambliope; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo.

Durante el entrenamiento, se proporcionó retroalimentación después de cada prueba y los estímulos contenían señales de posición monocular que se correlacionaban perfectamente con señales de disparidad binocular. Para descartar artefactos monoculares y asegurarse de que los pacientes lograran la estereopsis, aplicaron pruebas estereo con estímulos que no contenían señales monoculares (prueba de disparidad pura) antes y después del entrenamiento.

Narasimhan et al. (Narasimhan et al., 2012) evaluaron la utilidad de una técnica dicóptica de discriminación de movimiento global para medir y entrenar la supresión interocular en niños con ambliopía. La técnica se adaptó para niños utilizando personajes de Disney de la película “Buscando a Nemo”. Los participantes veían una imagen fija de Marlin (pez naranja) en el lado izquierdo y una imagen fija de Dory (pez azul) en el lado derecho de la pantalla de estímulos. La tarea del participante era identificar si la dirección general del movimiento del estímulo (puntos grises) era hacia la izquierda o hacia la derecha, es decir, hacia Marlon o hacia Dory. Para realizar la medición cuantitativa de la supresión, se presentaron puntos de señal con un contraste del 100% en el ojo ambliope y puntos de ruido con un contraste variable creciente en el ojo no ambliope, con el fin de que todo el esfuerzo recaiga sobre el ojo ambliope. Al variar el contraste crecientemente de los puntos de ruido, se le presentaba mayor dificultad al ojo ambliope para identificar el movimiento. Tras esto, se calculaba el umbral de coherencia de movimiento. Un umbral de coherencia de movimiento alto significaba que el participante necesitaba una gran

cantidad de puntos de señal para realizar la tarea de movimiento global dicóptico. Por tanto, este estudio proporcionó evidencia de que la supresión juega un papel importante en la ambliopía, siendo la cantidad de supresión directamente proporcional al grado de pérdida de estereogudeza; por lo que es fundamental tratar la supresión con entrenamiento dicóptico y no centrarnos solo en la pérdida de agudeza visual monocular.

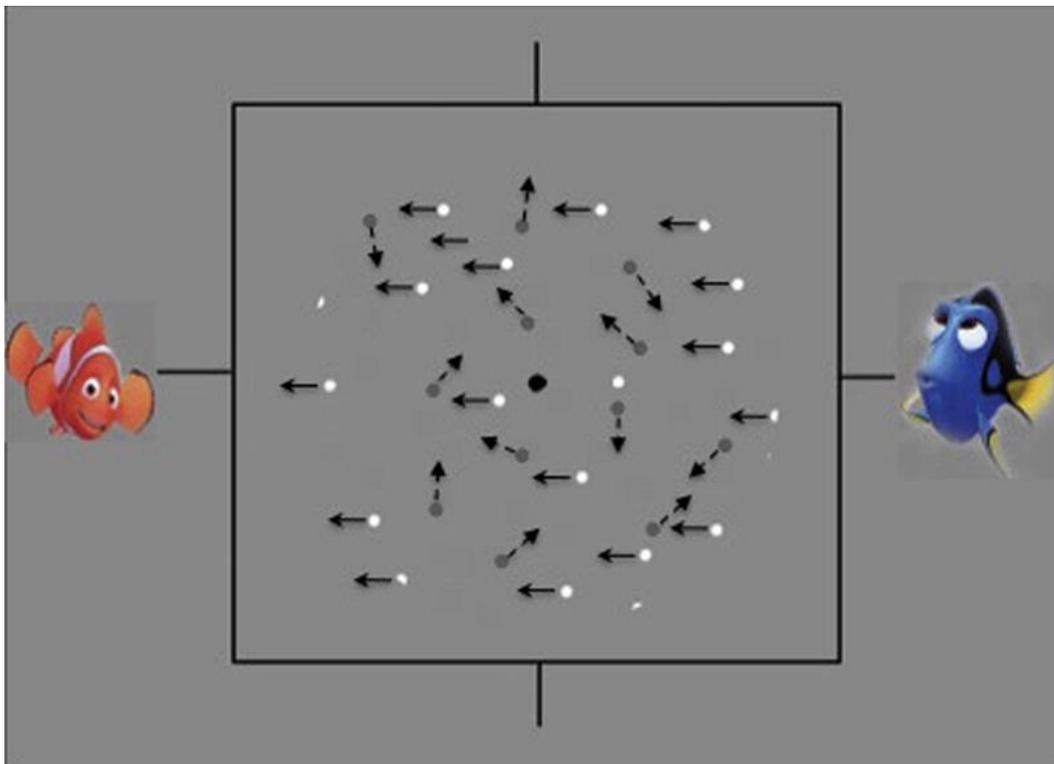


Figura 3. Juego dicóptico para medir y entrenar la supresión a través de la discriminación de movimiento (Narasimhan et al., 2012).

La mecánica subyacente en la ambliopía es el enfrentamiento entre las imágenes captadas por ambos ojos, que disminuye la sumación biocular, promueve la inhibición interocular y modifica la eficacia de las conexiones neurales excitatorias en la corteza visual sin influir en las conexiones inhibitorias (Bermúdez Ruiz, 2015).

Ooi et al. (Ooi et al., 2013) desarrollaron un método de entrenamiento dicóptico denominado “push-pull” que reduce la supresión y recupera las funciones excitatorias en el ojo ambliope, restableciendo así el equilibrio interocular. En el caso de la ambliopía, se produce una inhibición interocular causada por la eliminación de la imagen desenfocada, lo que provoca una alteración de las conexiones excitatorias, pero no interrumpe las inhibitorias. Además, vieron que los efectos del aprendizaje se mantenían cuatro meses después del entrenamiento, lo que indica que el método push-pull induce plasticidad cerebral a largo plazo.

Una revisión sistemática de estudios recientes, 2015-2020, (Rodán et al., 2022) ha encontrado evidencia en el tratamiento de la ambliopía a partir de la estimulación del sistema binocular

mediante entrenamiento dicóptico. En general, los estudios realizados hasta el momento exponen que este tipo de tratamiento es efectivo, mejorando algunas funciones visuales como la agudeza visual, incluso en adultos que han superado el período crítico (Holmes et al., 2016; Meza-Koursh et al., 2018; Birch et al., 2015; Manh et al., 2018). Además, los estudios que realizaron un seguimiento posterior al tratamiento encontraron que mantuvieron o mejoraron los efectos alcanzados en la agudeza visual, el patrón ortogonal y la reducción de la supresión. En base a los resultados obtenidos a través de los diferentes estudios, por el momento parece razonable recomendar este tipo de terapia visual activa como procedimiento complementario a las diferentes opciones de terapia pasiva como la corrección óptica, la oclusión o la penalización con atropina.

#### **4.1.3. Tratamiento binocular interactivo**

El tratamiento binocular interactivo (I-BiT) es un sistema desarrollado para tratar la ambliopía mediante estímulos dicópticos presentados a través de juegos de realidad virtual o visualización de películas. I-BiT fue desarrollado por el equipo de Nottingham y se basa en tres mecanismos diferentes (Boniquet-Sánchez & Sabater-Cruz, 2021):

1. Presentación de estímulos finos y móviles al ojo ambliope y fijos o de fondo al ojo dominante.
2. Exposición de la mitad de una imagen a cada ojo simultáneamente.
3. Demostración de imágenes idénticas en ambos ojos con una pequeña disparidad retiniana.

Este sistema fue diseñado específicamente para atraer a los niños y mejorar el cumplimiento del tratamiento. I-BiT implica la presentación dicóptica de vídeos o videojuegos simples con el fondo presentado a ambos ojos y los elementos del primer plano presentados solo al ojo ambliope. Esto asegura que el ojo ambliope del paciente sea estimulado preferentemente durante el tratamiento (Chaturvedi et al., 2023).

Durante el tratamiento, la fusión binocular está asegurada mediante la presentación simultánea de estímulos a ambos ojos. I-BiT permite ajustar la iluminación y el contraste de la imagen conforme a la agudeza visual del paciente (Boniquet-Sánchez & Sabater-Cruz, 2021).

El tratamiento se realiza con unas gafas con obturador que se aclaran y oscurecen en sincronía con el monitor, aunque esto ocurre a tal velocidad que el paciente es incapaz de percibirlo. Esto permite que ambos ojos vean un fondo común mientras el ojo ambliope recibe una imagen con mayor estimulación. Por tanto, I-BiT funciona mediante estimulación dicóptica (Boniquet-Sánchez & Sabater-Cruz, 2021).

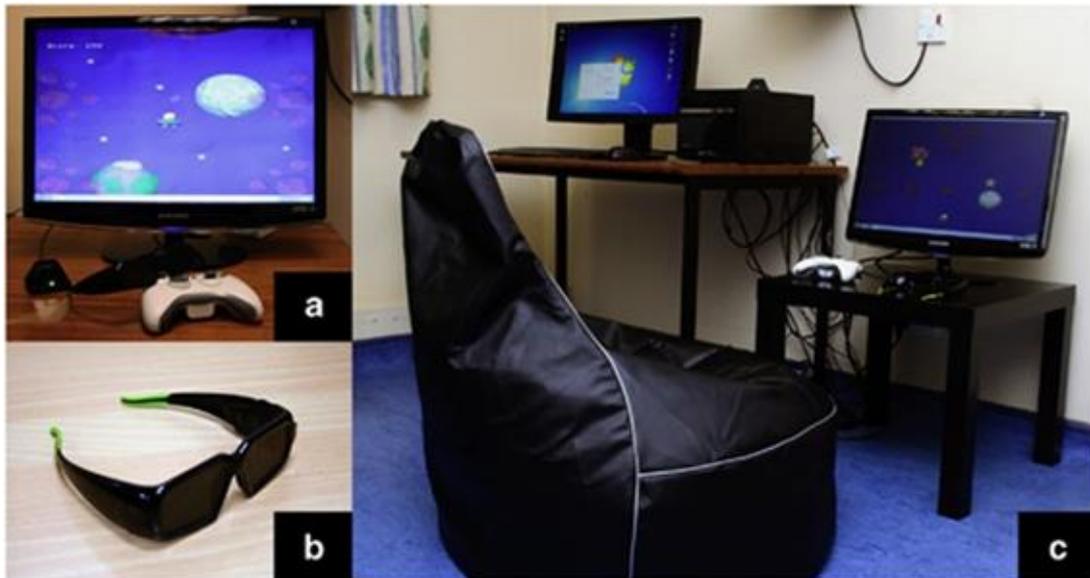


Figura 4. Sistema I-BiT. a) Monitor 3D y panel de control de juegos; b) Gafas con obturador; c) Sistema I-BiT completo que incluye monitores para el médico y para el paciente (Herbison et al., 2013).

Herbison et al. (Herbison et al., 2016) realizaron un ensayo controlado aleatorio donde reclutaron a 75 niños de entre 4 y 8 años con ambliopía estrábica, anisométrica y mixta para determinar la eficacia del sistema I-BiT como tratamiento de la ambliopía. Los pacientes fueron divididos al azar en tres grupos según el tratamiento asignado (juego I-BiT, juego sin I-BiT y vídeo I-BiT). El grupo de juego I-BiT jugó a un juego interactivo llamado Nux usando unas gafas con obturador, donde los obstáculos, enemigos y monedas se mostraban solo al ojo ambliope; por el contrario, en la versión del juego sin I-BiT, ambos ojos recibieron una estimulación idéntica. Respecto al grupo de vídeo I-BiT, el estímulo se dividió en dos zonas; había un "borde" exterior denominado estímulo de bloqueo, que se presenta a ambos ojos, mientras que la parte interior de la pantalla presenta el metraje de vídeo predominantemente al ojo ambliope. Cada grupo recibió su tratamiento aleatorio semanalmente durante un período de 30 minutos durante 6 semanas (3 h en total). Hubo una mejora modesta de la agudeza visual en el ojo ambliope a las 6 semanas en los tres grupos: 0,06 logMAR en el juego I-BiT, 0,03 logMAR en el juego sin I-BiT y 0,01 líneas logMAR en el vídeo I-BiT. Por lo tanto, no hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos en términos de ganancia de visión. Como limitación se puede destacar, por ejemplo, la corta duración del tratamiento, de solo 3 h en comparación con el parche.

Independientemente del equipo de Nottingham, un grupo iraní desarrolló su propio sistema, al que también llamaron I-BiT, utilizando juegos dicópticos (Pacman, Tetris y Snake) con gafas anaglíficas de color rojo y verde (Boniquet-Sánchez & Sabater-Cruz, 2021). En 2016, Rajavi et al. (Rajavi et al., 2016) llevó a cabo un estudio con este sistema en el que evaluaron la eficacia de I-BiT acompañado de parche en el tratamiento de la ambliopía. Se reclutaron 50 niños con ambliope unilateral de entre 3 y 10 años y fueron clasificados aleatoriamente en grupo de prueba y grupo de control (25 en cada uno). El grupo de prueba empleó el sistema I-BiT y parches,

mientras que el grupo de control recibió solo parche. El grupo de prueba jugó juegos durante 20 minutos en cada sesión durante 5 días a la semana dentro de 1 mes (6,6 h en total) y se parcheó durante 1 mes más en ambos grupos. Finalmente, encontraron una mejora en la agudeza visual de 0,17 líneas logMAR en los niños que jugaban con los videojuegos, mientras que el grupo de control mostró una mejora en la agudeza visual de 0,07 líneas logMAR. La mayor limitación de este estudio fue la duración del tratamiento.

Tres años después, Rajavi et al. (Rajavi et al., 2019) mejoró el estudio anterior que comparó el efecto de la terapia de ambliopía en los casos que recibieron tratamiento binocular interactivo (I-BiT) con aquellos que recibieron parche estándar del ojo dominante con placebo I-BiT. En este ensayo clínico aleatorizado se estudiaron 38 niños ambliopes unilaterales de entre 3 y 10 años. Los niños se dividieron aleatoriamente en un grupo de prueba, los cuales jugaron de 20 a 30 minutos al día durante al menos 5 días a la semana durante 1 mes con lentes rojo-verde (6 h en total), y en un grupo de control, los cuales jugaron de 20 a 30 minutos al día durante al menos 5 días a la semana durante 1 mes sin gafas rojo-verde y, además, se les parcheó durante 2 o 4 h al día el ojo dominante en los casos de ambliopía leve y moderada, respectivamente. Al final, el estudio concluyó que el juego I-BiT y el parche con placebo tuvieron una mejora similar en la agudeza visual, 0,07 líneas logMAR y 0,09 líneas logMAR, respectivamente, en niños ambliopes después de 1 mes de tratamiento. Aunque el cumplimiento fue alto (87,5% en el grupo de prueba y 76% en el grupo de control), la duración del tratamiento fue demasiado corta.

En resumen, los estudios han demostrado que el uso de I-BiT durante menos de 6 h no parece influir en la mejora de la agudeza visual.

#### **4.1.4. Terapia de visión binocular equilibrada**

La terapia de visión binocular equilibrada consiste en visualizar películas dicópticas en 3D mientras se usan gafas con obturador; además, se combina con un juego interactivo que tiene como objetivo medir la supresión. El procedimiento implica el desenfoque de la imagen recibida por el ojo que mejor ve, a tal nivel que la agudeza visual monocular de este ojo sea la misma que la del ojo ambliope (Dahlmann-Noor et al., 2022).

Bossi et al. (Bossi et al., 2017) desarrollaron una variante de la terapia binocular, la terapia de visión binocular equilibrada, que pretendía lograr altos niveles de cumplimiento y evaluar el papel de la supresión en la respuesta de los niños. El tratamiento consistió en 1 hora por día viendo películas dicópticas mientras se usaban las gafas. Durante la tarea, la película era interrumpida cada minuto por un juego interactivo para medir la supresión. El estudio contó con 22 niños, con edades comprendidas entre 3 y 11 años, y tuvo una duración de entre 8 y 24 semanas. El tratamiento consiguió altos niveles de cumplimiento y logró una ganancia media de agudeza

visual de  $0,27 \pm 0,22$  logMAR en el ojo ambliope. Aunque es importante destacar que las ganancias de agudeza visual no se correlacionan con una reducción de la supresión.

#### 4.1.5. Occlu-Pad

Occlu-Pad es un dispositivo que presenta estímulos selectivos al ojo ambliope bajo condiciones de binocularidad. Este dispositivo utiliza tecnología de pantalla blanca y requiere el uso de gafas polarizadas especiales. La tecnología de pantalla blanca se logra despegando la capa de película polarizadora de la pantalla de cristal líquido de un iPad (Boniquet-Sánchez & Sabater-Cruz, 2021). Las gafas polarizadas empleadas presentan una película polarizadora en la lente del ojo ambliope y una película protectora de la luz (con un tono de color ajustado para que sea igual al de la película polarizadora) en la lente del ojo sano. Como resultado, las imágenes solo son visibles en el ojo ambliope, es decir, en el ojo que presenta la lente polarizada (Totsuka et al., 2018) (Figura 5).



Figura 5. Aspecto del Occlu-Pad. En este caso, solo el ojo derecho puede ver la imagen del iPad (Boniquet-Sánchez & Sabater-Cruz, 2021).

Iwata et al. (Iwata et al., 2018a) fueron los primeros en demostrar la eficacia del entrenamiento con Occlu-Pad para tratar la ambliopía anisométrica en una serie de casos sin parche. El estudio contó con 22 niños ( $4,7 \pm 1,2$  años) con ambliopía anisométrica y evaluaron la agudeza visual tras 3 y 6 meses de entrenamiento con Occlu-Pad. Como resultado, encontraron una mejora en la agudeza visual de 0,19 líneas logMAR después de 3 meses y 0,29 líneas logMAR después de 6 meses, siendo las tasas de cumplimiento de  $88,6\% \pm 18,9\%$  y  $73,2\% \pm 18,9\%$ , respectivamente.

Posteriormente, Iwata et al. (Iwata et al., 2018b) reclutaron a más pacientes y volvieron a investigar los efectos del entrenamiento con Occlu-Pad para tratar la ambliopía. Esta vez, contaron con 46 niños de entre 3 y 7 años. Todos los pacientes fueron diagnosticados con ambliopía anisométrica y llevaban gafas de corrección completa. Los pacientes fueron separados en dos grupos, 23 niños fueron tratados solo con gafas, formando parte del “grupo de tratamiento con gafas”, y los 23 niños restantes fueron tratados con gafas y Occlu-Pad, formando parte del “grupo de tratamiento con Occlu-Pad”. Este último grupo jugó a un juego arbitrario que requería coordinación ojo-mano con el Occlu-Pad durante 2 días a la semana (30 minutos por día) durante 6 meses. La tasa de cumplimiento para el uso de Occlu-Pad fue del  $88,4 \pm 18,7$  % después de 3 meses y del  $69,6 \pm 19,5$  % después de 6 meses. Concluyeron que aunque la agudeza visual mejoró significativamente en ambos grupos, se observó una mayor mejora en el grupo de tratamiento con Occlu-Pad. El grupo de tratamiento con gafas mejoró 0,1 líneas logMAR a los 3 meses y 0,19 líneas a los 6 meses, mientras que el grupo de tratamiento con Occlu-Pad mejoró 0,19 líneas logMAR a los 3 meses y 0,30 líneas logMAR a los 6 meses.

Totsuka et al. (Totsuka et al., 2018) examinaron el efecto de la mejora de la agudeza visual y la adherencia del entrenamiento con Occlu-Pad frente al uso de parche para el tratamiento de la ambliopía. Los pacientes examinados fueron 138 niños entre 3 y 9 años con ambliopía anisométrica o estrábica. Los niños fueron separados en dos grupos, 72 se sometieron a entrenamiento con Occlu-Pad y 66 a entrenamiento con parche. La mejora de la agudeza visual se evaluó a los 3, 6, 9 y 12 meses y se comparó con la agudeza visual corregida inicial (al inicio del entrenamiento). Tras el tratamiento, ambos grupos mostraron una mejora. En los niños con ambliopía anisométrica, el grupo Occlu-Pad y el grupo con parche mostraron una mejora en la agudeza visual corregida de 0,69 y 0,47 líneas logMAR, respectivamente, después de 6 meses. En los niños con ambliopía estrábica, la agudeza visual corregida en el grupo Occlu-Pad y el grupo con parche mostraron una mejora de 0,59 y 0,38 líneas logMAR, respectivamente, después de 9 meses. Respecto a la adherencia al entrenamiento, el grupo Occlu-Pad mostró una adherencia significativamente mayor que el grupo del parche después de 3 meses de entrenamiento y también durante todo el estudio.

Aunque no hay una gran cantidad de estudios relacionados con Occlu-Pad, por el momento, el entrenamiento de la ambliopía con Occlu-Pad permite una mayor mejora de la agudeza visual que solo la corrección óptica. Sin embargo, esta mejora no fue estadísticamente significativa, siendo inferior a 1,5 líneas logMAR.

## 5. CONCLUSIONES

1. Las nuevas terapias para tratar la ambliopía, junto con los avances tecnológicos, han logrado mejoras significativas en la agudeza visual, la agudeza estereoscópica y la integración binocular. Además, se ha observado una mayor adherencia al tratamiento y, con ello, una mayor eficacia.
2. Los tratamientos basados en la terapia visual han mostrado ser efectivos en pacientes adultos que han superado el periodo crítico. Este hecho marca una diferencia considerable respecto a los tratamientos convencionales, ya que estos muestran generalmente una eficacia limitada en adultos.
3. La integración de terapias convencionales con terapias innovadoras parece tener mejores resultados que las terapias aplicadas por separado, lo que indica que un enfoque multimodal puede ser ventajoso para tratar la ambliopía.
4. El aprendizaje perceptivo y el entrenamiento dicóptico ofrece resultados similares al uso del parche en cuanto a ganancia de agudeza visual se refiere. Produce cambios neuronales que estimulan la plasticidad cerebral, reduce la supresión y restaura la fusión binocular con beneficios adicionales para la estereopsis, la sensibilidad al contraste y otras deficiencias visuales. Genera los mismos resultados terapéuticos en menos tiempo, lo que permite un mejor cumplimiento del plan de tratamiento, y es beneficioso para los casos que no responden a la oclusión.
5. El tratamiento binocular interactivo (I-BiT) parece ser de las terapias menos efectivas. Según los estudios analizados, el empleo de este tratamiento durante menos de 6 horas no parece influir en la mejora de la agudeza visual. Por ello, se sugiere realizar más ensayos clínicos aleatorizados con un tamaño de muestra mayor, una duración más prolongada y una evaluación de su recurrencia más extensa.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Attebo, K., Mitchell, P., Cumming, R., Smith, W., Jolly, N., & Sparkes, R. (1998). Prevalence and causes of amblyopia in an adult population. *Ophthalmology*, 105 (1), 154-159.
2. Barollo, M., Contemori, G., Battaglini, L., Pavan, A., & Casco, C. (2017). Perceptual learning improves contrast sensitivity, visual acuity, and foveal crowding in amblyopia. *Restorative neurology and neuroscience*, 35 (5), 483-496.
3. Bermúdez Ruiz, M. L. (2015). *Ambliopía desde la optometría pediátrica*. Colombia: Ediciones Unisalle.
4. Birch E. E. (2013). Amblyopia and binocular vision. *Progress in retinal and eye research*, 33, 67-84.
5. Birch, E. E., Li, S. L., Jost, R. M., Morale, S. E., De La Cruz, A., Stager, D., Jr, Dao, L., & Stager, D. R., Sr (2015). Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool children. *Journal of AAPOS: the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 19 (1), 6-11.
6. Boniquet-Sanchez, S., & Sabater-Cruz, N. (2021). Current Management of Amblyopia with New Technologies for Binocular Treatment. *Vision (Basel, Switzerland)*, 5 (2), 31.
7. Bossi, M., Taylor, V. K., Anderson, E. J., Bex, P. J., Greenwood, J. A., Dahlmann-Noor, A., & Dakin, S. C. (2017). Binocular Therapy for Childhood Amblyopia Improves Vision Without Breaking Interocular Suppression. *Investigative ophthalmology & visual science*, 58 (7), 3031-3043.
8. Chaturvedi, I., Jamil, R., & Sharma, P. (2023). Binocular vision therapy for the treatment of Amblyopia-A review. *Indian journal of ophthalmology*, 71 (5), 1797-1803.
9. Chen, Z., Li, J., Liu, J., Cai, X., Yuan, J., Deng, D., & Yu, M. (2016). Monocular perceptual learning of contrast detection facilitates binocular combination in adults with anisometric amblyopia. *Scientific reports*, 6, 20187.
10. Dahlmann-Noor, A. H., Greenwood, J. A., Skilton, A., Baker, D., Ludden, S., Davis, A., Dehbi, H. M., & Dakin, S. C. (2022). Phase 2a randomised controlled feasibility trial of a new 'balanced binocular viewing' treatment for unilateral amblyopia in children age 3-8 years: trial protocol. *BMJ open*, 12 (5), e051423.
11. Ding, J., & Levi, D. M. (2011). Recovery of stereopsis through perceptual learning in human adults with abnormal binocular vision. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (37), E733-E741.
12. Dolores Moreira-Pico V, Centeno-Morales L, Sánchez-Espinoza J. (2021). Criterios sobre efectos del aprendizaje visual perceptivo neuro-funcional en pacientes con ambliopía de 6 a 18 años en el Instituto de la Visión. *Dominio de las Ciencias*, 7 (6): 190-222.

13. García Romo, M.E. (2016). Evaluación Funcional de la Vía Visual en Adultos Ambliopes mediante los Potenciales Evocados Visuales Multifocales [Tesis doctoral]. Universidad de Alcalá.
14. Gibson E. J. (1963). Perceptual learning. *Annual review of psychology*, 14, 29-56.
15. Herbison, N., Cobb, S., Gregson, R., Ash, I., Eastgate, R., Purdy, J., Hepburn, T., MacKeith, D., Foss, A., & I-BiT study group (2013). Interactive binocular treatment (I-BiT) for amblyopia: results of a pilot study of 3D shutter glasses system. *Eye (London, England)*, 27 (9), 1077-1083.
16. Herbison, N., MacKeith, D., Vivian, A., Purdy, J., Fakis, A., Ash, I. M., Cobb, S. V., Eastgate, R. M., Haworth, S. M., Gregson, R. M., & Foss, A. J. (2016). Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system. *The British journal of ophthalmology*, 100 (11), 1511-1516.
17. Hernández-Rodríguez, C. J., Fukumitsu, H., Ruiz-Forbes, P., Soto-Negro, R., Merino-Suárez, M., & Piñero, D. P. (2021). Efficacy of Perceptual Learning-Based Vision Training as an Adjuvant to Occlusion Therapy in the Management of Amblyopia: A Pilot Study. *Vision (Basel, Switzerland)*, 5 (1), 15.
18. Hess, R. F., Thompson, B., & Baker, D. H. (2014). Binocular vision in amblyopia: structure, suppression and plasticity. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 34 (2), 146-162.
19. Holmes, J. M., Manh, V. M., Lazar, E. L., Beck, R. W., Birch, E. E., Kraker, R. T., Crouch, E. R., Erzurum, S. A., Khuddus, N., Summers, A. I., Wallace, D. K., & Pediatric Eye Disease Investigator Group (2016). Effect of a Binocular iPad Game vs Part-time Patching in Children Aged 5 to 12 Years With Amblyopia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA ophthalmology*, 134 (12), 1391-1400.
20. Iwata, Y., Handa, T., Ishikawa, H., Goseki, T., & Shoji, N. (2018a). Evaluation of the Effects of the Occlu-Pad for the Management of Anisometric Amblyopia in Children. *Current eye research*, 43 (6), 785-787.
21. Iwata, Y., Handa, T., Ishikawa, H., Goseki, T., & Shoji, N. (2018b). Comparison between Amblyopia Treatment with Glasses Only and Combination of Glasses and Open-Type Binocular "Occlu-Pad" Device. *BioMed research international*, 2018, 2459696.
22. Jia, W., Lan, F., Zhao, X., Lu, Z. L., Huang, C. B., Zhao, W., & Li, M. (2018). The effects of monocular training on binocular functions in anisometric amblyopia. *Vision research*, 152, 74-83.
23. Kraus, C. L., & Culican, S. M. (2018). New advances in amblyopia therapy I: binocular therapies and pharmacologic augmentation. *The British journal of ophthalmology*, 102 (11), 1492-1496.

24. Levi, D. M., & Li, R. W. (2009). Perceptual learning as a potential treatment for amblyopia: a mini-review. *Vision research*, 49 (21), 2535-2549.
25. Loudon, S. E., & Simonsz, H. J. (2005). The history of the treatment of amblyopia. *Strabismus*, 13 (2), 93-106.
26. Manh, V. M., Holmes, J. M., Lazar, E. L., Kraker, R. T., Wallace, D. K., Kulp, M. T., Galvin, J. A., Shah, B. K., Davis, P. L., & Pediatric Eye Disease Investigator Group (2018). A Randomized Trial of a Binocular iPad Game Versus Part-Time Patching in Children Aged 13 to 16 Years With Amblyopia. *American journal of ophthalmology*, 186, 104-115.
27. Mezaad-Koursh, D., Rosenblatt, A., Newman, H., & Stolovitch, C. (2018). Home use of binocular dichoptic video content device for treatment of amblyopia: a pilot study. *Journal of AAPOS: the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 22 (2), 134-138.e4.
28. Narasimhan, S., Harrison, E. R., & Giaschi, D. E. (2012). Quantitative measurement of interocular suppression in children with amblyopia. *Vision research*, 66, 1-10.
29. Ooi, T. L., Su, Y. R., Natale, D. M., & He, Z. J. (2013). A push-pull treatment for strengthening the 'lazy eye' in amblyopia. *Current biology: CB*, 23 (8), R309-R310.
30. Papageorgiou, E., Asproudis, I., Maconachie, G., Tsironi, E. E., & Gottlob, I. (2019). The treatment of amblyopia: current practice and emerging trends. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*, 257 (6), 1061-1078.
31. Piñero D. P. (2016). Science-based vision therapy. *Journal of optometry*, 9 (4), 203-204.
32. Polat, U., Ma-Naim, T., Belkin, M., & Sagi, D. (2004). Improving vision in adult amblyopia by perceptual learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101 (17), 6692-6697.
33. Polat, U., Ma-Naim, T., & Spierer, A. (2009). Treatment of children with amblyopia by perceptual learning. *Vision research*, 49 (21), 2599-2603.
34. Rajavi, Z., Sabbaghi, H., Amini Sharifi, E., Behradfar, N., & Yaseri, M. (2016). The role of Interactive Binocular Treatment system in amblyopia therapy. *Journal of current ophthalmology*, 28 (4), 217-222.
35. Rajavi, Z., Sabbaghi, H., Amini Sharifi, E., Behradfar, N., & Kheiri, B. (2019). Comparison between patching and interactive binocular treatment in amblyopia: A randomized clinical trial. *Journal of current ophthalmology*, 31 (4), 426-431.
36. Rodán, A., Candela Marroquín, E., & Jara García, L. C. (2022). An updated review about perceptual learning as a treatment for amblyopia. *Journal of optometry*, 15 (1), 3-34.
37. Rucker, J. C., & Phillips, P. H. (2018). Efferent Vision Therapy. *Journal of neuro-ophthalmology: the official journal of the North American Neuro-Ophthalmology Society*, 38 (2), 230-236.

38. Terrell A. (1981). Cambridge stimulator treatment for amblyopia. An evaluation of 80 consecutive cases treated by this method. *Australian journal of ophthalmology*, 9 (2), 121-127.
39. Totsuka, S., Handa, T., Ishikawa, H., & Shoji, N. (2018). Improvement of Adherence with Occlu-Pad Therapy for Pediatric Patients with Amblyopia. *BioMed research international*, 2018, 2394562.
40. Tytla, M. E., & Labow-Daily, L. S. (1981). Evaluation of the CAM treatment for amblyopia: a controlled study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 20 (3), 400-406.
41. Zhang, J. Y., Cong, L. J., Klein, S. A., Levi, D. M., & Yu, C. (2014). Perceptual learning improves adult amblyopic vision through rule-based cognitive compensation. *Investigative ophthalmology & visual science*, 55 (4), 2020-2030.