



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS

# Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Aprendizaje perceptivo y videojuegos en el  
tratamiento de la ambliopía

Presentado por: Nuria Zarzuelo Vega

Tutelado por: Isabel Arranz de la Fuente

Tipo de TFG:  Revisión  Investigación

En Valladolid a 20 de Mayo, del 2016

## ÍNDICE

RESÚMEN .....	3
ABSTRACT .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	5
CAPÍTULO 1 [AMBLIOPÍA] .....	6
1.1. [Etiología y clasificación] .....	6
1.2. [Prevalencia y factores de riesgo] .....	7
1.3. [Implicaciones funcionales de la ambliopía].....	8
CAPÍTULO 2 [Tratamientos para mejorar la ambliopía] .....	9
2.1. [Terapia tradicional o pasiva] .....	11
2.2 [Terapia actual o activa] .....	11
2.2.1. [Aprendizaje perceptivo y Videojuegos].....	12
2.2.2. [Desarrollo de videojuegos].....	12
CAPÍTULO 3 [Resultados y discusión].....	16
3.1. [Ventajas e inconvenientes] .....	17
CONCLUSIONES .....	19
BIBLIOGRAFÍA .....	20

## RESUMEN

La introducción de nuevas terapias interactivas con videojuegos, en combinación con las terapias tradicionales para el tratamiento de la ambliopía, permiten mejorar la calidad de visión en niños y en personas adultas.

En este trabajo se abordan los diferentes estudios que avalan la existencia de plasticidad cerebral en la edad adulta y la forma de mejorar la visión del ojo ambliope. Mediante el aprendizaje perceptivo y la estimulación binocular, se permite al cerebro reaprender, para reforzar las áreas corticales que no han sido estimuladas correctamente durante su desarrollo. De esta manera se consiguen mejoras significativas en las capacidades visuales y en la visión binocular, cuyos resultados perduran en el tiempo.

## PALABRAS CLAVE

Terapia interactiva, videojuegos, terapia tradicional, ambliopía, plasticidad cerebral, aprendizaje perceptivo.

## ABSTRACT

The introduction of new interactive therapies with video games, in combination with traditional therapies for the treatment of amblyopia, allows us to improving the quality of vision in children and adults.

The purpose of this work is to revise different studies in relation to the existence of brain plasticity in adulthood and the manner of improve the sight of the amblyopic eye. Through perceptive learning and binocular stimulation, it is possible for brain to relearn. The objective is to reinforce cortical areas which were not stimulated properly during its development. In this way, significative progresses can be achieved in visual abilities and binocular sight, whose results will remain over time.

## KEY WORDS

Interactive therapy, video games, traditional therapy, amblyopia, brain plasticity, perceptual learning.

## INTRODUCCIÓN

La ambliopía funcional fue definida por Burian <sup>(1)</sup> en 1956 como una afección unilateral o bilateral, en la que la agudeza visual mejor corregida (AV) es menor de 20/20 en ausencia de cualquier anomalía estructural evidente o enfermedad ocular.

Según el prestigioso oftalmólogo Albrecht Von Graefe en 1888 <sup>(2)</sup> definió la ambliopía como *“aquel estado en el que el observador no ve nada y el paciente ve muy poco”*, es decir, que tras un examen visual, puede no existir ningún signo significativo de la causa de la baja visión.

Para tratar esta deficiencia de visión existen varios tratamientos tradicionales utilizados en la práctica clínica, dichos tratamientos deben de ser aplicados tan pronto como sea posible, para que el sistema visual se desarrolle correctamente.

Los tratamientos convencionales utilizados hasta ahora tienen su base científica en la mejora del estado visual principalmente monocular, este hecho ha llevado a diferentes investigadores a preguntarse si realmente tiene un efecto positivo y sobre todo una mejora en la función visual del ojo ambliope.

Hasta ahora se había tratado la ambliopía únicamente en niños, cuya edad máxima de tratamiento era la finalización del periodo crítico visual (6-8 años), en los cuales también influía la plasticidad cerebral del sujeto.

En este trabajo se presentará un tratamiento específico, que combinado con el tratamiento convencional, se mejora la función visual incluso en personas en edad adulta.

El tratamiento actual consiste en un *aprendizaje perceptivo* a través de videojuegos para pacientes con ambliopía.

El aprendizaje perceptivo <sup>(3)</sup> se define como la capacidad de adquirir un mejor conocimiento de las características de los estímulos, esto conlleva a un cambio en la forma con la que son percibidos. El cambio es producido por una identificación y diferenciación más fácil.

Este tipo de aprendizaje se pone de manifiesto desde la primera experiencia que se tiene con el tipo de estímulo, al exponernos a diferentes estímulos se crea la capacidad de diferenciarlos y clasificarlos para que se pueda reaccionar de diferente manera a cada uno de ellos.

Realizando cambios en los diferentes estímulos durante cada sesión de la terapia, se logran mejoras en la agudeza visual, sensibilidad al contraste y en la estereoagudeza.

## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Debido a la alta prevalencia de la ambliopía se estima entre 1-4% de la población la padece, es frecuente encontrar en la consulta optométrica este tipo de pacientes. El optometrista debe conocer cuáles son las alternativas con las que cuenta para poner solución a este problema visual.

El objetivo de realizar una revisión sobre el aprendizaje perceptivo y videojuegos en el tratamiento de la ambliopía, no es solo centrarnos en un porcentaje de la población como son los niños que padecen este tipo de alteración, sino también poder demostrar, que aunque el periodo de plasticidad cerebral en la edad adulta esté finalizado, se pueden realizar este tipo de terapias, en la mejora de agudeza visual, y en otras capacidades visuales, como acomodación, visión binocular, sensibilidad al contraste, disminución de la supresión entre otras, de forma, dinámica, fácil y práctica.

Hoy en día con las nuevas tecnologías que el mercado nos presenta, resulta más sencillo realizar este tipo de ayudas sin necesidad de consultas optométricas constantes, sino con un simple seguimiento y sobre todo un compromiso por ambas partes, tanto por el paciente como la del optometrista.

Así mismo este tipo de terapia se está implantando poco a poco, aunque es experimental, cuya viabilidad se espera que sea más eficaz en su conjunto o como complemento a la terapia tradicional o pasiva que se practica actualmente.

En el trabajo que se presenta a continuación vamos a mostrar una novedosa alternativa de tratamiento, que está teniendo éxito a nivel mundial, para pacientes con ambliopía.

## 1. AMBLIOPIA

### 1.1. Etiología y clasificación

El periodo crítico en la organización de la vía visual es clave para el desarrollo de una visión correcta, determinados autores como Kiorpes L, Tang C, Movshon JA, avalan que las alteraciones en la corteza visual en edad temprana son la principal causa de la ambliopía<sup>(4)</sup>, esto depende de diversos factores<sup>(5)</sup> entre los que destacan:

- Factores genéticos: Malformaciones genéticas y/o enfermedades hereditarias.
- Factores ambientales: Actividad neural equilibrada, las sinapsis en la vida perinatal deben de ser organizadas.

Cualquier actividad que afecte a un solo ojo es más grave que las que afecten a los dos ojos al mismo tiempo. Esto es debido a que ambos ojos compiten por conseguir una representación cortical en el cerebro, y por tanto si uno de los dos ojos no compite por ello, el otro ojo dominará y se quedará con toda representación cortical.

Los experimentos sobre el desarrollo de las columnas de dominancia ocular descritos por Hubel y Wiesel en 1959<sup>(6)</sup> demostraron que al privar la visión de un ojo en gatos, el ojo que permanecía abierto presentaba la mayor parte de conexiones corticales, por lo tanto una mayor dominancia ocular, siendo irreversible durante el periodo del desarrollo de la visión temprano.

Si la privación monocular se desarrolla durante fases tardías del desarrollo, puede ocurrir que las columnas de dominancia ocular, sean mayores para un ojo que para otro, pero en ningún caso habrá una pérdida absoluta de células para un solo ojo.

Si la deprivación monocular se realiza en determinadas etapas del desarrollo, los efectos son diferentes:

PERIODO	REVERSIÓN DEL EFECTO
<b>NACIMIENTO</b>	Existe igual representación de conexiones en ambos ojos
<b>2 SEMANAS</b>	Mayor representación de conexiones para el ojo que no ha sido privado de visión. El efecto se puede revertir tapando el otro ojo, aunque no se recuperará la visión binocular.
<b>3 SEMANAS</b>	Diferenciación entre el número de conexiones pero no tan alta que en el periodo anterior, se podrá revertir el efecto con el mismo mecanismo que el anterior.
<b>6 SEMANAS</b>	No existirá diferenciación entre las conexiones de ambos ojos ya que estas están desarrolladas.

Tabla 1: Efectos de la deprivación monocular.

El desarrollo de la agudeza visual requiere un cierto tiempo, se alcanza una agudeza visual normal a los 6 años de edad, esto requiere un primer control de los movimientos oculares.

## CLASIFICACIÓN CLÍNICA DE LA AMBLIOPIA.

A continuación se muestra la clasificación clínica de la ambliopía según la Academia Americana de Optometría, modificada según proponen la Academia Americana de Optometría <sup>(7)</sup> y los autores J.C Pastor y J.C Castiella en su libro “La refracción en el niño”: <sup>(5)</sup>

TIPO	CARACTERISTICAS
ESTRÁBICA	Es la más frecuente 40-50% en niños, mala alineación de los ejes visuales.
AMETRÓPICA	Defectos de refracción importantes. Hipermetropías > 6.00D, Astigmatismos > 3.00D. Miopías teóricamente menos ambliopizantes.
ANISOMETRÓPICA	Diferencias mayores de 1.50D entre la refracción de ambos ojos.
NISTÁGMICA	Puede ocasionar ambliopía bilateral, estimulación inadecuada de células retinianas.
POR DEPRIVACIÓN	Causada por cataratas, ptosis, leucomas corneales....
SIN CAUSA APARENTE	Producidas por un microestrabismo que ha pasado desapercibido tras el examen visual.
SUSTANCIAS TÓXICAS	Déficits de vitamina B y proteínas.
HISTÉRICA	Pérdida de agudeza visual debido a la ansiedad o depresión emocional.

Tabla 2: Clasificación clínica de las ambliopías

### 1.2. Prevalencia y factores de riesgo

La detección precoz de la ambliopía en un niño es fundamental para su buen desarrollo visual.

Según la “*Guía práctica en la clínica*” en el capítulo de “Ambliopía” <sup>(8)</sup>, la prevalencia de la ambliopía se estima en un 1-4% de la población, varios estudios se han estandarizado por edad, sexo, raza o etnia.

La incidencia de ambliopía en edad preescolar oscila en torno a un 0.4%, por lo tanto se deben realizar exámenes visuales regulares tan pronto como sea posible, durante las revisiones rutinarias con su médico de atención primaria desde el nacimiento hasta la finalización del periodo sensitivo (5-6 años).

La causa más frecuente de ambliopía oscila entorno a un 50% es el estrabismo seguido por la anisometropía en un 17%.

Existen diversos factores de riesgo que acentúan la probabilidad de padecer ambliopía, entre los que se destacan:

1. Desalineación de los ejes visuales (estrabismo)
2. Miopía o hipermetropía severas en ambos ojos

3. Desigualdad de visión en ambos ojos (un ojo ve más cerca o más lejos que el otro)
4. Opacidades oculares (cataratas, leucomas), problemas palpebrales (ptosis)
5. Antecedentes familiares de ambliopía o estrabismo
6. Factores gestacionales: nacimiento prematuro o bajo peso al nacer

### 1.3 IMPLICACIONES FUNCIONALES DE LA AMBLIOPÍA

Es importante poder determinar las alteraciones que puede sufrir una persona con ambliopía para realizar un buen plan de tratamiento. Para ello se debe conocer que afectaciones funcionales presentan este tipo de pacientes:

#### 1. Agudeza visual y condiciones de iluminación:

Una diferencia de dos líneas de AV entre ambos ojos <sup>(9)</sup> desde el punto de vista clínico es considerada como un buen criterio para el diagnóstico de la ambliopía.

En condiciones de luz fotópica el ojo ambliope empeora su calidad de visión así como su reducción de la agudeza visual, esto fue confirmado por Von Norden y Burian en su estudio conocido como el fenómeno de Ammann <sup>(10)</sup>.

#### 2. Fijación

En la evaluación oftalmoscópica se valora la fijación ocular, determinando la localización y estabilidad de la misma. En una ambliopía puede desarrollarse dos tipos de fijaciones: fijación central (área de mayor agudeza visual, fóvea), fijación excéntrica (área de menor agudeza visual, extrafoveal) o no tener fijación.

La fijación juega un papel importante en el pronóstico de la ambliopía y la elección de su tratamiento, una fijación excéntrica implica peor pronóstico que una fijación central, para lograr mejores resultados.

#### 3. Motilidad ocular

Es uno de los aspectos más importantes que interesa mejorar en la terapia visual.

La ejecución del movimiento está relacionada con la fijación ocular, cuanto mejor fijación posea, mejor calidad de motilidad ocular existe.

#### 4. Interacción de contornos

El fenómeno conocido como “*crowding*” o interacción de contornos se caracteriza por la incapacidad del ojo ambliope a discriminar optotipos que están muy juntos, es decir, se diferencian mejor presentados de manera aislada, si no es así, se produce un fenómeno de amontonamiento.

Esta característica tiene mayor sintomatología en los estrabismos que en la ambliopía.

La diferencia de la agudeza visual se incrementa cuando el tamaño del optotipo se hace más pequeño.



### 5. Acomodación

La acomodación de un ojo ambliope se ve disminuída debido a una pérdida sensorial ocasionada por la pérdida de fijación al no haber sido estimulada en el periodo crítico de crecimiento.

Una ayuda para cerca puede resolver el problema de manera satisfactoria en la mayoría de los casos, no siendo efectiva al 100%.

### 6. Estereopsis

Dependiendo del grado de ambliopía<sup>(11)</sup>, los pacientes pueden tener mayor o menor grado de estereopsis o visión en profundidad.

Cuanta mayor diferencia de agudeza visual entre ambos ojos, mayor será la disminución de la estereopsis, aumentando así la monofijación .

### 7. Sensibilidad al contraste

El desequilibrio de imágenes entre ambos ojos hace que la detección de la figura sobre un fondo sea difícil de diferenciar<sup>(12)</sup>.

Las bajas frecuencias espaciales se encuentran en su estado límite mientras que las altas frecuencias espaciales están disminuidas.

Con un entrenamiento perceptivo se intenta mejorar todas las frecuencias espaciales, pero haciendo mayor hincapié en las frecuencias altas que son las que están más afectadas.

### 8. Coordinación ojo mano

Se produce una alteración en la percepción de las distancias lo que conlleva a un mal enfoque, aumentando los tiempos de reacción y ejecución de movimientos para coger un objeto.

### 9. Adaptaciones sensoriales

Se desarrollan en la infancia ya que permiten el uso de los dos ojos de manera equitativa, si se producen perturbaciones en este periodo pueden ocasionar diplopías o correspondencias retinianas anómalas llegando a desarrollar ambliopías.

## 2. TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA AMBLIOPIA

Según la Academia Americana de Oftalmología, el profesional primario de la visión puede tratar la ambliopía de manera clínica<sup>(7)</sup> de diferentes formas:

1. Uso de lentes, prismas y filtros
2. Oclusión
3. Terapia visual
4. No tratamiento
5. Referir para cirugía

Todas estas opciones pueden realizarse solas o combinadas. No obstante, debe conocerse el estado sensorial y motor de la visión para obtener buenos resultados.

Independientemente del tratamiento usado en la ambliopía, existen unas fases comunes a todas ellas, lo primero será compensar la ametropía del paciente, para poder llegar a alcanzar una AV 20/20.

A continuación se describen las fases que han sido propuestas por Paños M<sup>(13)</sup>, en su trabajo “ *Implementación de videojuegos en la terapia visual aplicada en la recuperación de la ambliopía*” en colaboración con la Fundación COI:

### 1. Primera Fase: Fase Monocular:

El objetivo de esta fase consiste en igualar y desarrollar habilidades oculares de manera monocular. Esto se llevará a cabo mediante la oclusión monocular del ojo dominante. El régimen de oclusión depende de diversos factores, tales como, tipo y grado de ambliopía, presencia de fijación excéntrica, tipo de estrabismo (intermitente/constante).

Todos estos factores determinan la forma y el tiempo de oclusión, para igualar y desarrollar las habilidades monoculares antes de empezar la etapa binocular.

### 2. Segunda Fase: Fase biocular:

El objetivo de esta fase es mejorar la habilidad de ambos ojos de alternar el cambio de enfoque en una situación no fusionada, la cual facilitará la antisupresión y prepara a los pacientes a la percepción simultánea.

Utilizando los dos ojos a la vez mientras se está viendo en diferentes puntos del espacio.

La introducción a la fase biocular debe de realizarse de forma controlada, ya que este fenómeno puede ser rechazado si se realiza de forma repentina.

### 3. Tercera Fase: Fase binocular:

En esta etapa se trabaja con la fusión de las imágenes de ambos ojos, llegando a conseguir todos los grados de fusión binocular:

- Primer grado de fusión/ Visión simultánea
- Segundo grado de fusión/Fusión plana
- Tercer grado de fusión/Estereopsis

## 2.1 TERAPIA TRADICIONAL O PASIVA

El tratamiento más tradicional se basa en prescripción óptica, oclusión y/o penalización.

Según describe la Academia Americana de Oftalmología<sup>(7)</sup>, la terapia de oclusión con la utilización de parches, logra disminuir las señales neurológicas en el ojo dominante, mediante la oclusión en el ojo sano, logrando estimular la visión del ojo ambliope.

Existen varios tipos de oclusión, a tiempo completo y a tiempo parcial.

La oclusión se realiza mediante la colocación de un parche en el ojo no ambliope. La oclusión a tiempo completo se realiza durante un número fijo de horas al día y la oclusión a tiempo parcial se realiza en determinadas tareas en las que el paciente realiza tareas de visión cercana en las cuales trabaja la fijación, durante 2-4 horas.

Algunos especialistas consideran que el uso del parche en ambliopía moderadas y severas, tiene el mismo beneficio que, si se utiliza a tiempo parcial o a tiempo completo, sin embargo en ambliopías leves la utilización del parche a tiempo parcial sobre todo en actividades como leer o escribir es más que suficiente.

El problema de la obturación del ojo no ambliope destruye fusión (la percepción de ambos ojos sincronizada y simultánea) y sin fusión es más probable que al destapar el ojo sano vuelva a perder agudeza visual el ojo vago ambliope.

Para lograr una fusión sólida, que no haya retrocesos y rehabilitar el resto de habilidades visuales para el buen confort visual estable y permanente, se deben de realizar revisiones optométricas constantes.

Existen distintos tipos de oclusión según el ojo ocluido, los tratamientos más convencionales sugieren ocluir fundamentalmente el ojo dominante o no ambliope.

La penalización consiste en degradar la visión del ojo sano, por debajo de la visión del ojo ambliope, para qué, en el contexto de una visión binocular, la preferencia de fijación sea la del ojo ambliope. Esta penalización puede ser, óptica, farmacológica, o deterioro de la imagen.

## 2.2 TERAPIA ACTUAL O ACTIVA

Si bien, el entrenamiento visual o la ortóptica es un tratamiento para la ambliopía que lleva en vigor varios años, el avance y la inclusión de nuevas tecnologías están permitiendo un uso de forma masiva, que siendo utilizadas correctamente pueden proporcionar al ambliope grandes beneficios.

### 2.1.1. APRENDIZAJE PERCEPTIVO Y VIDEOJUEGOS

El aprendizaje perceptivo<sup>(14)</sup> se basa en la repetición sistemática de un ejercicio a través del cual conseguimos el aprendizaje y el desarrollo del área cortical responsable de la función entrenada.

El uso de videojuegos es una herramienta que ayuda en este tipo de aprendizajes.

El objetivo final que se pretende conseguir de la utilización de videojuegos combinado con la terapia convencional, es reforzar y establecer los patrones de coordinación y habilidad de utilizar ambos ojos a la vez, durante la terapia visual.

La base científica para el empleo de este tipo de terapia viene dada por determinados estudios<sup>(15)</sup> que avalan que la corteza visual de un adulto posee un alto grado de plasticidad, por lo que, el cerebro adulto se encuentra activo y con posibilidad de mejorar la visión del ojo ambliope.

Los autores Levi DM, Li RW<sup>(16)</sup>, estudian diferentes formas de actuación para modificar la plasticidad cerebral en edad adulta a través de cambios moleculares y celulares de dichas estructuras. Los estudios realizados han constatado que existen dos tipos de limitaciones en el cerebro adulto ambliope:

1. Limitaciones estructurales: las redes de mielina perineuronales inhiben el crecimiento de las dendritas neuronales en el paso de información de neurona a neurona.
2. Limitaciones funcionales: actúan directamente sobre el equilibrio excitatorio-inhibitorio dentro de los circuitos neuronales.

Este hecho hizo pensar sobre la posibilidad de realizar estudios en personas ambliopes con la presentación de estímulos dióptricos para mejorar el nivel de plasticidad cerebral alcanzado hasta entonces. Los resultados encontrados indican, que los niveles de plasticidad cerebral con un estímulo dióptrico muestran una evidencia directa de la disminución de la supresión del ojo con ambliopía. Esto indica que, la supresión es el principal mecanismo que permite que el cerebro ambliope aprenda a ver.

Los autores Hess RF, Mansouri B, Thompson B<sup>(17)</sup> a su vez comparten esta idea y además pueden constatar, que en periodos prolongados de visión, la información de los dos ojos se combina, conduce a un fortalecimiento de la visión binocular en la ambliopía.

### 2.2.2 DESARROLLO DE VIDEOJUEGOS

En base al interés suscitado por este nuevo tipo de terapia, algunas casas comerciales de todo el mundo en colaboración con distintos investigadores han desarrollado videojuegos para el tratamiento de la ambliopía.

En **Estados Unidos** multinacionales editoras y proveedoras de videojuegos como Ubisoft y Amblyotech Inc en colaboración con la Universidad de McGill Montreal (Canadá) trabajaron sobre la elaboración de videojuegos para el tratamiento de la ambliopía con la ayuda del Dr. Hess B, Thompson MB, Cooperstock J, Long PB *University Health centre – Montreal (Canadá)*<sup>(18)</sup>.

En **Reino Unido** el grupo de visión de la Escuela de Psicología de la Universidad de Nottingham en colaboración con HTML 5 y JavaScript<sup>(20)</sup> también han desarrollado juegos para la mejora de la ambliopía.

En **España** Sony Computer Entertainment España (SCEE) con la colaboración de la Fundación COI<sup>(13)</sup> (Centro de Optometría Internacional y Terapia Visual) de Madrid han investigado sobre la reducción del tiempo de recuperación de los pacientes gracias al uso de PSP en el tratamiento de la ambliopía. Este tipo de investigación se comenzó en el año 2008 con la colaboración de Mónica Nieto Paños Óptico Optometrista en la realización de su trabajo fin de máster *“Implementación de videojuegos en la terapia visual aplicada en la recuperación de la ambliopía”* y su directora Marisol García Rubio presidenta de la fundación COI en España.

Para la realización de los juegos interactivos, han tenido que tener en cuenta una serie de características para su desarrollo y a su vez esto ha generado diversas controversias al respecto.

1. Un aspecto preocupante para la realización del videojuego es el grado de supresión que el sujeto posee, para ello Black JM, Thompson B, Maehara G, Hess RF<sup>(20)</sup> idearon un dispositivo mediante el cual se puede cuantificar el grado de supresión mediante un aparato clínico compacto que sirviera para la práctica clínica en la vida diaria. Es una técnica rápida y sencilla que orienta de manera muy fiable la antisupresión que tiene el sujeto.
2. Existe controversia a la hora de presentar los estímulos. Varios autores como Hess RF, Mansouri B, Thompson B determinan que la presentación de estímulos del mismo contraste en cada ojo, mejora la agudeza visual monocular del ojo ambliope produciendo una reducción de la supresión y fortaleciendo la fusión binocular con la visión estereoscópica estable. Sin embargo autores como DR. Jeremy R. Cooperstock<sup>(21)</sup> determinan la presentación de diferentes estímulos a diferentes relaciones de contraste para cada ojo con la utilización de gafas anáglifas, con el objetivo de ir disminuyendo el contraste del ojo ambliope hasta que se iguale al ojo contralateral en la finalización del tratamiento, con el objetivo final de que ambos ojos trabajen juntos y el ojo ambliope se involucre en el proceso visual.
3. Además algunos juegos incorporan elementos de *biofeedback auditivos* y refuerzos de atención para motivar al sujeto y conseguir su atención para involucrarse en el juego.

4. A medida que el paciente mejora se introducen nuevos juegos y se incrementa el nivel de dificultad con el objetivo de mejorar la agudeza visual.

Los estudios realizados en estas investigaciones necesitan un software con una base de datos de los pacientes y dispositivos portátiles en los cuales se realizan los ejercicios de la terapia, con una tarjeta de memoria en la que quedan reflejadas horas de juego, avances, y el control del contraste de estímulos a lo largo del juego.

Entre los dispositivos utilizados, los más destacados son Psp Computer Portable, y dispositivos IOS (iPhone y iPad).



Figura 1: Psp Portable y gafa anáglifa. Fuente: <https://clickug.com/noticias/2008-06-11/news-135457-source-2-playstation-psp-se-ofrece-como-alternativa-efectiva-a-tapar-un-ojo-con-un-parche-para-los-ninos-que-sufren-ambliopia-u-ojo-vago>

Los juegos se eligen en función de la edad del paciente, existen juegos para niños<sup>(13)</sup> en los cuales se necesita la colaboración de los progenitores. La tabla 3, muestra algunos ejemplos tipos de juegos en función de la edad del niño:

### TIPOS DE JUEGOS:

NOMBRE	EDAD	OBJETIVO DEL JUEGO
Pa Rappa The Rarper	A partir de los 3 años	Videojuego musical
Ridge Racer 2	A partir de los 3 años	Carreras de coches
Grand Prix	A partir de los 3 años	Carreras de Fórmula 1
Wipe Out Pulse	A partir de los 3 años	Control de una nave espacial
Ape Escape P	A partir de los 3 años	Atrapar monos en la selva
Ratchet Clank	A partir de los 7 años	Personaje robot
Pan's Remarkable Adventures	A partir de los 6 años	Aventuras de Petter Pan

Tabla 3: Tipos de videojuegos para mejorar la ambliopía en función de la edad del paciente

Se pudo constatar una mejora de la agudeza visual de un 3% en cada sesión.

En todos los juegos se entrena habilidades que los ambliopes tienen deterioradas debidas a su alteración visual, como pueden ser:

1. Coordinación ojo mano
2. Memoria visual
3. Lateralidad
4. Fijación
5. Aumento de la fijación temporo-espacial (hacerlo en el menor tiempo posible para conseguir una mejor puntuación).

Debido a que las personas adultas ambliopes no son tratadas con la terapia convencional porque no tendrían ningún efecto de mejora, se han desarrollado juegos interactivos para adultos mediante la distribución de información entre los dos ojos de manera complementaria.

Un claro ejemplo que fomenta la capacidad espacial es el característico y clásico juego Tetris<sup>(21)</sup> en el cual, su modificación ha sido realizada para mejorar la supresión como primer paso en la terapia interactiva sobre todo en sujetos adultos cuya plasticidad cerebral es menor que la de un niño aunque estos también pueden jugar ya que el objetivo del juego es claro y fácil. Esta técnica está basada en el desplazamiento dióptrico de los bloques a diferente contraste como se muestra en la figura 2.

Los juegos de realidad virtual en 2D y 3D han sido considerados como una opción para la terapia interactiva en la ambliopía, como por ejemplo el videojuego llamado Dig Rush<sup>(22)</sup> representado en la figura 3, el cual puede ser adaptado a la edad del usuario, capacidades o necesidades visuales como el cambio de contraste que el paciente necesite. Al igual que el juego anterior, ambos ojos ven imágenes distintas del juego para fomentar la visión binocular.



Figura 2: Juego Tetris en dispositivo iPhone

Fuente: <http://mvr.mcgill.ca/Robert/clinicaltrial/clinicaltrial.htm>



Figura 3: Escenificación del juego Dig Rush

Fuente: <http://www.gamerfocus.co/juegos/ubisoft-amblyotech-universidad-mcgill-canada-tratamiento-ojo-perezoso-ambliopia-videojuego/>

Dichos expertos aseguran, que los pacientes que usan este tipo de tratamiento para la ambliopía el 90% mejoran su agudeza visual a las seis semanas del comienzo del juego.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Son varios los estudios que se han llevado a cabo durante los últimos años con resultados realmente sorprendentes. Según los estudios realizados en el año **2008** sobre la ambliopía anisométrica en niños y en adultos por los investigadores Chen PL, Chen JT, Fu JJ, Chien KH, Lu DW<sup>(23)</sup> demuestran que el aprendizaje perceptivo con videojuegos puede ser una terapia alternativa a la terapia convencional con parches. El grupo de estudio cuyo tratamiento fue el uso de parches consiguió una mejora notable de la agudeza visual en un 38%, sin embargo, el grupo de estudio tratado con aprendizaje perceptivo consiguió una mejora de la agudeza visual en un 68%, demostrando así que la terapia binocular proporciona un refuerzo positivo en la ambliopía en vez de una única estimulación monocular del ojo ambliope.

En los años **2009-2010**, se realizaron estudios en los que se demostraba científicamente la existencia de un equilibrio entre la Información vista por los dos ojos, puede promover la función binocular y dar lugar a un restablecimiento de la visión binocular independientemente de la edad.

Los investigadores principales Hess RF, Mansouri B, Thompson B<sup>(24)</sup> describen, que en períodos prolongados de visión (en condiciones artificiales con estímulos de diferente contraste en cada ojo) durante el cual la información de los dos ojos se combina conduce a un fortalecimiento de la visión binocular sobre todo en la ambliopía estrábica. Además, en la mayoría de los pacientes analizados, se establece la mejora de la función estereoscópica. En ese mismo año, se realizó un estudio piloto realizado en Glasgow por los autores, Cleary M, Moody AD, Buchanan A, Stewart H, Dutton GN<sup>(25)</sup> en **2009**, con niños entre 6-14 años de edad demostrando mejoras tras la utilización de un sistema interactivo de tratamiento binocular, en la agudeza visual en el 58% de los niños, y un aumento de un 68% en la sensibilidad al contraste sobre todo en curvas de bajo contraste. El estudio interactivo, se realizó en 8 sesiones de 25 minutos de duración, cuyo beneficio se verificó tras 3 meses del cese del tratamiento.

En el año **2011** se describe un aparato clínico compacto y conveniente para la medición de la supresión basado en un enfoque sobre los estudios previamente realizados por Black JM, Thompson B, Maehara G, Hess RF<sup>(26)</sup>, una técnica aplicable en la práctica clínica para paciente adultos con ambliopía. La combinación del nuevo aparato y del nuevo método psicofísico, crea una técnica conveniente y rápida para la medición paramétrica de la supresión interocular. Además, este aparato constituye una plataforma ideal para las supresiones visuales de combinar información entre los ojos de una manera similar a un ojo sano.

La existencia de estudios sobre la mejora de la estereopsis en pacientes con ambliopía mediante el aprendizaje perceptivo el año **2015** realizada por los autores Portela.JA, Ruiz-Alcocer.J, Garrido.R, Martín.S<sup>(14)</sup> en un estudio piloto



con pacientes diagnosticados con ambliopía y estereopsis reducida, han demostrado que tras 60 sesiones de 8 minutos de duración cada una en el domicilio del paciente, con cambios de contraste en el ojo ambliope hasta igualar el contraste con el ojo sano, se obtienen mejoras en la estereoagudeza.

Estos resultados de este estudio fueron compatibles con los resultados del estudio de Astle<sup>(27)</sup>, pero la mejora de la estereoagudeza no fue acompañada de una mejora de la agudeza visual. La estabilidad de los resultados fueron constatados tras 6 meses de la finalización del tratamiento.

### 3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES

Las nuevas tecnologías aplicadas en el tratamiento de la ambliopía presentan una serie de ventajas e inconvenientes<sup>(13)</sup> entre los que se destacan:

#### VENTAJAS

Este plan de tratamiento utilizado correctamente, ayuda y produce beneficios tanto educativos como mejoras en el sistema visual.

##### Aspectos educativos:

1. Se trata de una terapia accesoria divertida y lúdica.
2. El juego despierta motivación e interés por parte del paciente incrementando su atención memoria, resolución de problemas, concentración.
3. Forma parte de una terapia educativa en la cual se puede fomentar la resolución de problemas, ingenio, creatividad, creación de estrategias para lograr objetivos y metas.
4. Fomenta el trabajo en equipo, memoria, interacción social (un grupo de amigos pueden jugar al mismo juego y hablar sobre él).

##### Aspectos del Sistema Visual:

1. La terapia visual con videojuegos, disminuye el número de sesiones respecto a la terapia convencional.
2. Aprendizaje para utilizar los dos ojos simultáneamente.
3. Aumento de la agudeza visual y estereopsis.
4. Disminución de la supresión del ojo ambliope.
5. Aumento de la interacción y coordinación ojo- mano.

## **INCONVENIENTES:**

En general los inconvenientes que se citan a continuación, se producen en todos los juegos interactivos.

### Aspectos educativos:

1. Pueden llegar a fomentar la competitividad.
2. El abuso de ellos sin control parental puede provocar el aislamiento y problemas de atención.
3. Se puede confundir la realidad con la ficción.
4. El tiempo de la terapia tiene que ser controlado porque se pueden descuidar otro tipo de actividades que el paciente deba realizar.

### Aspectos del sistema visual:

1. El tratamiento de la terapia visual con videojuegos no es eficaz si no se combina con un tratamiento previo de terapia visual convencional.
2. El tratamiento interactivo no es sustitutivo al tratamiento convencional, sino un refuerzo del mismo.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se han llegado tras el estudio son las siguientes:

1. Con el aprendizaje perceptivo se puede mejorar las capacidades visuales en la ambliopía no solo en niños sino también en **adultos**. Gracias a la plasticidad cerebral encontrada después de la finalización del periodo del desarrollo visual.
2. El restablecimiento de la visión binocular se alcanza cuando los dos ojos **cooperan** en la tarea encomendada.
3. El aprendizaje perceptivo con videojuego es una terapia en combinación con la terapia existente actualmente, es un refuerzo positivo, y no se considera una alternativa al tratamiento tradicional. **Complemento** a la terapia tradicional.
4. Se trabaja y mejora **todas las funciones visuales**, no solo la AV, como en general ocurre en la terapia tradicional. Esto genera un mantenimiento y persistencia en el tiempo.
5. Es necesario el **compromiso** de niños y progenitores, para que la realización del plan de tratamiento sea efectivo.

La terapia de videojuegos es una **NUEVA ALTERNATIVA** para el tratamiento de la ambliopía.

## BIBLIOGRAFIA

1. Burian HM. Thoughts on the nature of ambliopia exanopsi. *Amer J Ophthalmol.* 1956;6:5-12.
2. Salazar V, Romanelli A. Detección de ambliopía en niños de 3 a 6 años. *Sociedad Boliviana de Pediatría.* 2006;45:148-152.
3. Rodriguez G, Alonso G. *Aprendizaje Perceptivo.* 2011:10.
4. Neri P, Levi DM, Luu JY. Sensitivity to visual motion in amblyopic macaque monkeys. *Vis Neurosci.* 2006;23:247-56.
5. Castiella JC, Pastor JC. *Ambliopía.* Pastor JC, Castiella JC. *La refracción del Niño (ES):* McGraw Hill Interamericana. 1997: 111-118.
6. Jaimez L. *Historia de la Visión.* 2010.
7. Rouse MW. *American Optometric Association.* 2010: 21-26.
8. Garcia A, Gomez E, Fernandez M, Llorens J. *Ambliopía. Guía de práctica clínica:* 10-11.  
<https://guiaambliopia.wikispaces.com/file/view/AMBLIOPIA.+GUIA+DE+PRACTICA+CLINICA.pdf>
9. Levi DM, Klein S. Hyperacuity and amblyopia. *Nature.* 1982;298:268-70.
10. Von Noorden Gk, Burian HM. Visual acuity in normal and amblyopic patients under reduced illumination: Behavior of visual acuity with and without neutral density filter. *AMA Arch Ophthalmol.* 1959;61:533-535.
11. Cooper J, Feldman J. Random-dot-stereogram performance by strabismic, amblyopic, and ocular-pathology patients in an operant-discrimination task. *Am J Optom Physiol Opt* 1978;55:599-609.
12. Levi DM, Harwerth RS, Manny RE. Suprathreshold spatial frequency detection and binocular interaction in strabismic and anisometric amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18:714-725.
13. Nieto M, García M. *Fundación visión COI. Implementación de videojuegos en la terapia visual aplicada en la recuperación de la ambliopía.* 2008: 85-92.
14. Portela A, Ruiz J, Garrido R, Santiago M. Mejoría en la estereopsis de pacientes con historial de ambliopía mediante un programa de aprendizaje perceptivo. *Gaceta de Optometría.* 2015;501:1-7.
15. Li J, Thompson B, Deng D, Chan LY, Yu M, Hess RF. Dichoptic training enables the adult amblyopic brain to learn. 2013:22-23.
16. Bavelier D, Levi DM, Li RW, Dan Y, Hensch TK. Removing brakes on adult brain plasticity: from molecular to behavioral interventions. 2010:45;1000000-30.
17. Hess RF, Mansouri B, Thompson B. A new binocular approach to the treatment of amblyopia in adults well beyond the critical period of visual development. 2010:6;28.
18. Hess RF, Mansouri B & Thompson B. A binocular approach to treating amblyopia: antisuppression therapy. *Optom Vis Sci* 2010;87:697-704.

19. Hussain Z, Astle AT, Webb BS, and McGraw PV. The challenges of developing a contrast-based video game for treatment of amblyopia. 2014;5:1210.
20. Black JM, Thompson B, Maehara G, Hess RF. A compact clinical instrument for quantifying suppression. 2011;2:88.
21. Hess RF, Cooperstock JR. McGraw. Portable System for the management of Amblyopia. ROI 10095.
22. Mendoza JF. Rush D. El juego capaz de curar el "ojo perezoso. Gamer Focus. Monster Hunter 4 Ultimate <http://www.gamerfocus.co/juegos/ubisoft-amblyotech-universidad-mcgill-canada-tratamiento-ojo-perezoso-ambliopia-videojuego/> (14 de Marzo del 2015).
23. Chen PL, Chen JT, Fu JJ, Chien KH, Lu DW. A pilot study of anisometric amblyopia improved in adults and children by perceptual learning: an alternative treatment to patching. 2008;5:422-8.
24. Hess RF, Mansouri B, Thompson B. A new binocular approach to the treatment of amblyopia in adults well beyond the critical period of visual development. 2010;6:793-802.
25. Cleary M, Moody AD, Buchanan A, Stewart H, Dutton GN. Assessment of a computer-based treatment for older amblyopes: the Glasgow Pilot Study. 2009;1:124-31.
26. Black JM, Thompson B, Maehara G, Hess RF. A compact clinical instrument for quantifying suppression. 2011;2:88.
27. Astle AT, McGraw PV, Webb BS. Recovery of stereo acuity in adults with amblyopia. BMJ Case Reports 2011;1-4 .
28. Fernandez O, Fernandez F, Álvarez A. Videojuegos para tratar el ojo vago (ambliopía). <http://confortvision.com/blog/ojo-vago-2/videojuegos-para-tratar-ojo-vago-ambliopia/> (20 de Abril de 2016)