



TRABAJO DE FIN DE GRADO
GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

AGUDEZA VISUAL ESTEREOSCÓPICA EN DIFERENTES GRADOS DE ANISOMETROPÍA

AUTORA:

JENNY ALEXANDRA ACHIG PILLAJO

DIRECTORAS:

CARMEN LÓPEZ DE LA FUENTE

DIANA SORIANO PINA



Universidad
Zaragoza

INDICE

ABREVIATURAS.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Visión binocular.....	2
1.2. Proceso de la visión binocular.....	3
1.3. Estereopsis.....	3
1.3.1. Horóptero.....	4
1.3.2. Agudeza visual estereoscópica	4
1.4. Anisometropía.....	4
1.4.1. Aniseiconía.....	6
1.4.2. Monovisión.....	7
1.5. Ambliopía.....	8
1.5.1. Ambliopía anisométrica.....	9
2. HIPÓTESIS.....	9
3. OBJETIVO.....	9
4. MATERIAL Y MÉTODO.....	10
4.1. Protocolo del estudio.....	10
4.2. Análisis de datos.....	13
5. RESULTADOS.....	13
5.1. Estereopsis.....	13
5.2. Aniseiconía.....	16
6. DISCUSIÓN.....	17
7. CONCLUSIÓN.....	20
8. BIBLIOGRAFÍA.....	21
9. ANEXO I.....	24
10. ANEXO II.....	25

ABREVIATURAS

AV: Agudeza visual

AVE: Agudeza visual estereoscópica

CGL: Cuerpo geniculado lateral

D: Dioptrías

OD: Ojo derecho

OI: Ojo izquierdo

Sec arc: Segundos de arco

VL: Visión lejana

VP: Visión próxima

1. INTRODUCCIÓN

Nuestro sistema visual es muy complejo y el que ambos ojos trabajen juntos y de forma coordinada, nos permite extraer información del entorno de forma binocular.¹ Por tanto, la visión binocular se podría definir como “el estado visual en el que las imágenes del entorno proyectadas separadamente sobre las retinas de ambos ojos, se perciben como una imagen única de forma simultánea”.² La binocularidad tiene una gran ventaja que es la visión estereoscópica, esta permite juzgar la profundidad, la distancia entre objetos, y ayuda a la localización de objetos en el espacio, es decir, permite obtener información del entorno de forma tridimensional.³

Para el funcionamiento adecuado de la visión binocular y la estereopsis es necesario que ambas imágenes retinianas estén enfocadas y sean nítidas, además debe haber una correcta fusión motora y sensorial. Aproximadamente un 70% de las neuronas que están en el córtex visual, procesan la información que recibe de las dos retinas para un buen funcionamiento.⁴

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, es importante controlar el desarrollo de la visión binocular desde su comienzo. La visión binocular se desarrolla desde 1,5 a 2 meses de edad mientras que la estereopsis no lo hace hasta los 3 a 6 meses. Una mala estimulación en estos primeros meses podría llevar a un mal desarrollo visual.⁴ Lo más frecuente es encontrar individuos amétropes que presenten errores refractivos similares en ambos ojos. Sin embargo, cuando esta diferencia es mayor a una dioptría (D), el individuo padece anisometropía. Esto provoca una diferencia en las imágenes de ambas retinas por la diferencia de nitidez y a su vez puede inducir una diferencia en el tamaño de la imagen retiniana generando aniseiconía. La anisometropía cobra mucha importancia durante la infancia ya que la estimulación visual que llega a ambos ojos es diferente, lo que provoca una alteración en el desarrollo normal de la visión, provocando adaptaciones como la supresión. Esta provoca una disminución en la visión binocular y en la estereopsis. Además, si esta supresión es constante, hay una baja agudeza visual (AV) lo que produce ambliopía. Un 37% de la ambliopía es provocada por anisometropía no corregida.^{4,5}

Por otro lado, hay situaciones en las que se busca esta anisometropía inducida. Esto se lleva a cabo mediante la monovisión en el caso de presbitas. Esta consiste en la corrección de un ojo para visión lejana (VL) y el otro para visión próxima (VP) y de esta forma poder obtener imágenes nítidas a ambas distancias.⁶

1.1. VISIÓN BINOCULAR

El ser humano nace con el sistema visual inmaduro, es decir, con funciones visuales deficientes que se van desarrollando de forma rápida en los primeros meses de vida. Se denomina periodo crítico a los 3 primeros meses de vida. En este periodo se produce el desarrollo visual, ya que hay estímulos visuales que favorecen el desarrollo de las conexiones neurales implicadas en la visión. Esto provoca una mejora en la AV, movimientos oculares y reflejos oculomotores más precisos, así como una mejor estereopsis.⁴

La visión binocular es la capacidad de fusionar las imágenes retinianas recibidas por cada uno de los ojos, para así permitir la interpretación del entorno en una única imagen. Para que exista una visión binocular completa se tienen que dar ciertas condiciones. En primer lugar, los campos visuales de cada uno de los ojos deben solaparse de forma correcta para obtener un campo binocular extenso y útil. Además, tiene que haber un movimiento coordinado de los ojos para permitir la fusión motora, así las

imágenes se forman sobre áreas simétricas en las retinas de ambos ojos. También deben existir mecanismos neurales adecuados, ya que la información de ambas retinas se debe transmitir a regiones asociadas del córtex visual para su posterior procesamiento y análisis. El fin es obtener una imagen única o imagen haplópica del entorno, y para ello el cerebro debe ser capaz de fusionar las dos imágenes retinianas.³

Cuando las imágenes retinianas no caen en áreas correspondientes, el cerebro no es capaz de fusionar las dos imágenes y se obtiene una imagen doble, es decir, visión diplópica, ya que se han estimulado puntos retinianos no correspondientes. Además de la diplopía, otro fenómeno que incapacita la función de fusionar las imágenes procedentes de la retina es la confusión, superponiéndose las imágenes correspondientes de ambos ojos. El cerebro trata de evitar esta situación eligiendo la imagen más nítida y suprimiendo la otra. La supresión altera el desarrollo de las células corticales binoculares lo que provoca disminución de la visión binocular con una estereopsis reducida o nula. Cuando la supresión se produce en el mismo ojo, además de una visión binocular anómala hay una reducción en la AV originando ambliopía.^{4,7}

1.2. PROCESO DE LA VISIÓN BINOCULAR

Para obtener visión binocular tiene que darse un proceso mediante el cual las imágenes de cada uno de los ojos se unen y posteriormente son interpretadas en la corteza visual, este proceso recibe el nombre de fusión sensorial o fusión cortical. Para que esto se realice es imprescindible el buen funcionamiento de la vía óptica, ésta constituye la transmisión de impulsos eléctricos desde la retina hasta el córtex visual a través del nervio óptico.⁴

La vía óptica (Ver Figura 1) está formada por cuatro tipos de neuronas: los fotorreceptores (conos y bastones) envían el impulso eléctrico a las células bipolares. Estas transmiten el mensaje a las células ganglionares que conectan con el tálamo a través de sus axones. Estos axones recorren la retina, pasan por el nervio óptico, quiasma y continúan por la cintilla óptica hasta llegar al cuerpo geniculado lateral (CGL). Desde el CGL, las fibras forman la radiación óptica de Gratiolet y se produce una acodadura que es el asa geniculo-temporal de Meyer, y atraviesan el lóbulo parietal para terminar en la corteza visual primaria (área 17 de Brodmann).⁴

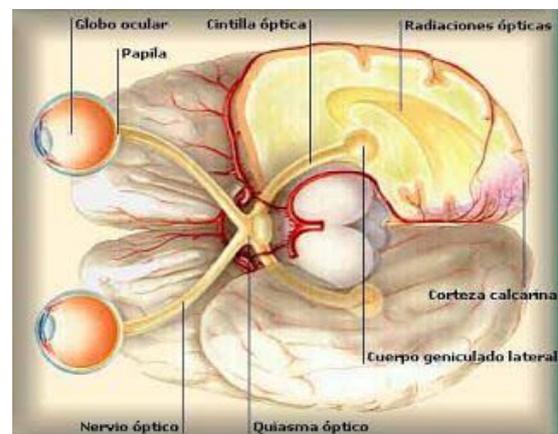


Fig. 1. Vía óptica.⁸

1.3. ESTEREOPSIS

La visión estereoscópica se define como la capacidad del sistema visual de obtener información de la posición en profundidad de los objetos. Es decir, es la percepción tridimensional del entorno, obtenida exclusivamente por el uso de referencias binoculares: puntos correspondientes retinianos y disparidad retiniana. Los puntos correspondientes retinianos serían los puntos de cada una de las retinas que, estimulados por un mismo objeto, dan lugar a la percepción de un único punto. La disparidad retiniana está relacionada con la disposición de los ojos, ya que estos están separados horizontalmente y hace que un mismo objeto sea visto de forma ligeramente diferente por cada uno de los ojos.^{3,4}

1.3.1. Horóptero

Llamaremos horóptero (Ver Figura 2) al lugar geométrico de los puntos del espacio cuyas imágenes se forman en puntos correspondientes de las retinas de ambos ojos, aquí la disparidad retiniana es cero. Dentro de este horóptero el cerebro forma una única imagen denominada visión haplópica, mientras que si hay puntos fuera del horóptero serán puntos no correspondientes, y por tanto, se obtendrá una imagen doble dando lugar a la diplopía. Sin embargo, hay cierta tolerancia por parte del cerebro, que permite la fusión de puntos que se encuentra ligeramente próximos al horóptero, formando un área con más o menos amplitud que recibe el nombre de área de Panum. Fuera de esta área habrá puntos retinianos no correspondientes dando lugar a imagen doble, y si los puntos están dentro de dicho área el cerebro formará una imagen binocular única.⁴

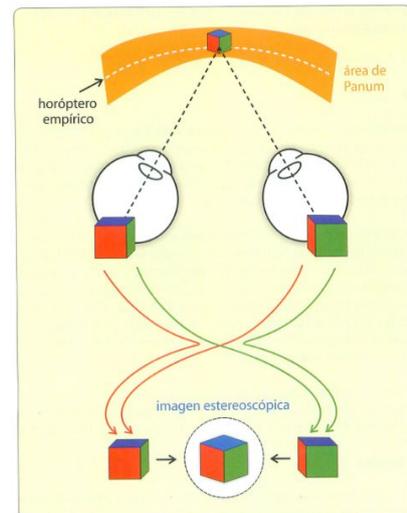


Fig. 2. Disparidad retiniana y estereopsis. Imagen del libro *Manual de optometría de Marín-Vecilla*.⁴

1.3.2. Agudeza visual estereoscópica

La estereopsis se puede medir mediante la agudeza visual estereoscópica (AVE), o también llamada estereoagudeza. Esta se define como el umbral de discriminación de profundidad, esto es la mínima disparidad binocular (η) que un observador puede resolver y se expresa angularmente. La distancia mínima (ΔL) de separación de dos objetos para percibirlos separados en profundidad debe coincidir con el mínimo valor de la disparidad binocular.^{3,7}

$$AVE = \min(\eta) = \min(DIP \cdot \Delta L / l^2)$$

Desde el punto de vista clínico, la medida de la estereopsis tiene una gran utilidad, ya se puede obtener información de posibles trastornos de la función binocular. Por lo que tiene un papel importante en la detección precoz de anomalías de la visión binocular.^{9,10}

1.4. ANISOMETROPÍA

La anisometropía se define como la condición en la que los errores refractivos de los dos ojos difieren significativamente; considerándose importante desde el punto de vista clínico una diferencia igual o superior a una dioptría en esfera o en cilindro. Esta diferencia puede afectar a la diferencia en el tamaño de la imagen retiniana produciendo aniseiconía, de la cual se hablará más adelante.⁴

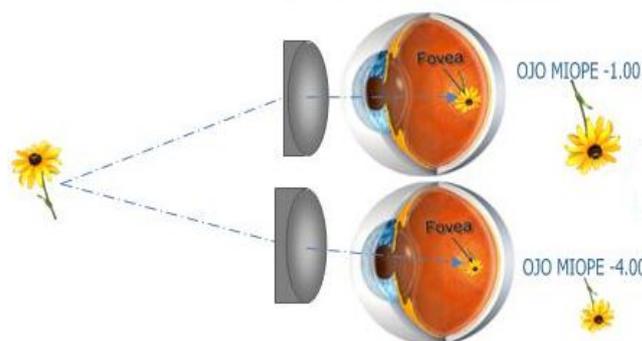


Fig. 3. Representación de la visión de una anisometropía miópica compuesta. ¹¹

La anisometropía según su etiología puede ser congénita o adquirida. La congénita es inducida por glaucoma, catarata, otras alteraciones oculares congénitas y por la aparición de errores refractivos diferentes de forma congénita (miopía, hipermetropía y astigmatismo). La anisometropía adquirida se origina cuando se produce una diferencia en el estado refractivo entre cada ojo durante el desarrollo, otras causas también pueden ser la afaquia o pseudoafaquia. Además, teniendo en cuenta la contribución de los componentes oculares, la anisometropía se puede clasificar como anisometropía axial, esta se debe a la diferencia entre la longitud axial de cada uno de los ojos, siendo el factor de mayor influencia en la anisometropía, sobre todo en casos de personas con anisometropías superiores 5,00 D, con un 97% aproximadamente de los casos. Anisometropía refractiva, se debe a la diferencia entre la posición o forma de los elementos ópticos del ojo, especialmente la del cristalino; esta es muy típica en anisometropías entre 3,00-5,00 D. Finalmente anisometropía mixta, en la cual se presenta de forma conjunta la anisometropía refractiva y axial.^{3,4}

Según el error refractivo tenemos:

- Anisometropía miópica simple: un ojo miope y otro emétrope.
- Anisometropía miópica compuesta: los dos ojos son miopes.
- Anisometropía hipermetrópica simple: un ojo hipermétrope y otro emétrope.
- Anisometropía hipermetrópica compuesta: los dos ojos son hipermétropes.
- Anisometropía mixta o antimetropía: un ojo miope y otro hipermétrope.

Según la magnitud, anisometropía leve: 0,00 a 2,00D; elevada: 2,00 a 6,00D y muy elevada: > 6,00D. ⁴

Relación magnitud – sintomatología.

Clase	Magnitud	Características
Clase I	Inferior a 1,50D	Fusión y visión estereoscópica adecuada. En caso de aparecer sintomatología se asociaría más al error refractivo que a la anisometropía.
Clase II	Entre 1,50 y 3,00D	Puede haber fusión periférica, pero no estereopsis. Suele presentarse en el ojo no dominante supresión central.
Clase III	Mayor de 3,00D	Puede corregirse hasta alcanzar agudeza visual (AV)=1 el mejor ojo y el otro puede ser ambliope o ser hipocorregido para evitar síntomas. El ojo más amétrope puede presentar supresión. Puede presentarse visión simultánea, pero no estereopsis. No refiere síntomas ni presencia de estrabismo ya que hay fusión periférica.
Clase IV	Cualquiera	AV con corrección elevada en cada ojo, pero no se utiliza los dos ojos al mismo tiempo. Parecida a la anisometropía clase III pero sin ambliopía y sin hipocorrecciones en ningún ojo.
Clase V	Cualquiera	AV con corrección buena, hay fusión y estereopsis pero con su corrección en gafa en visión binocular no se siente cómodo y presenta dificultad para tolerar su corrección completa, así que se precisa hipocorrección de uno de sus ojos.

Tabla 1. Relación magnitud-sintomatología. Anisometropía.⁴

En la Tabla 1 se presenta una clasificación de la anisometropía en dependencia de la magnitud, en esta se puede observar que conforme aumenta la diferencia entre ambos ojos, mayor son los síntomas que presenta el sujeto. Es decir, pasando de una clase I en la cual la magnitud es pequeña y, por tanto, la sintomatología tiene menor repercusión hasta llegar a una clase V en la cual el sujeto no puede tolerar su corrección.

La amplia clasificación de la anisometropía se debe a que pueden producirse diversas diferencias refractivas entre ambos ojos y cada una de ellas puede producir una sintomatología diferente. Por ejemplo, en el caso de los hipermétropes si se presenta una diferencia significativa entre cada uno de los ojos, la respuesta acomodativa es igual para ambos ojos, tanto, en VP como en VL. La imagen se enfocará nítida en la retina del ojo con menos hipermetropía con el mínimo esfuerzo acomodativo y como consecuencia el ojo más hipermetrope nunca tendrá un imagen nítida, este con el tiempo perderá AV sin una razón fisiológica y si se produce a una edad temprana se puede desarrollar ambliopía. En el caso de los miopes sin embargo, el sujeto tiende a utilizar el ojo con menos miopía para VL y el más miope para VP.¹²

Con todo lo mencionado anteriormente, se puede considerar la anisometropía como un factor importante ya que está relacionada con la ambliopía y la disminución de la estereopsis.

La anisometropía tiene una prevalencia en niños del 1,6 al 4,3%, esta prevalencia se considera baja, siendo mayor en adultos. En adultos esta prevalencia es de 7,7% y puede deberse al desarrollo de catarata. Mientras que la anisometropía infantil, en muchos casos es transitoria y puede desaparecer a medida que el sistema visual se va desarrollando¹³. El estudio de enfermedad ocular pediátrica multiétnica (MEPEDS)¹⁴ determinó una prevalencia del 4 al 5% de anisometropía que se mantuvo constante en niños entre 1 y 6 años. Sin embargo, cuando la anisometropía era mayor a 3,00 D se observó que esta se mantenía durante un tiempo prolongado, y cuando la anisometropía era persistente los niños tenían una mayor tendencia a desarrollar ambliopía durante los años preescolares.^{13, 14}

En cuanto a la corrección de la anisometropía, en niños en la mayoría de los casos está relacionado con la ambliopía, y aquí se tiende a una corrección exacta después de un examen bajo cicloplejia. Mientras que en el adulto la corrección de la anisometropía tiene como fin conseguir la máxima AV.⁴

1.4.1. Aniseiconía

La aniseiconía es una alteración de la visión binocular. Se puede presentar en sujetos emétopes o con una graduación similar en ambos ojos, pero es más frecuente en presencia de anisometropía, ya que en esta se puede inducir aniseiconía al producirse una diferencia de tamaño en las imágenes.⁷ Se define aniseiconía como la condición binocular en la cual el tamaño y forma de las imágenes retinianas en los dos ojos son diferentes, siendo clínicamente importante cuando esta diferencia es igual o superior a 0,75%. Una persona con una función visual normal puede distinguir con cierta facilidad las diferencias de tamaño de 0,25 a 0,50%. Se pueden tolerar diferencias de hasta un 5% sin que haya sintomatología, pudiendo presentarse diplopía cuando son mayores que 10% y podrían no ser toleradas.⁴

La aniseiconía se suele relacionar con la anisometropía, pero teniendo en cuenta ambas definiciones se puede deducir que la anisometropía puede inducir aniseiconía, mientras que puede presentarse aniseiconía con origen no refractivo ya que se tienen en cuenta otros factores como la distribución de las fibras nerviosas corticales, la diferencia en el número fotorreceptores y diferencias en el córtex

visual al procesar las imágenes, además de operación de catarata o en cirugía refractiva. La aniseiconía superior al 2% se asocia con la diferencia en la longitud axial de los dos ojos.^{4,7}

Clínicamente la aniseiconía se considera importante cuando al tratar de combinar dos imágenes de diferente tamaño y forma para conseguir una única imagen, el sistema visual presenta dificultades. La aniseiconía es mayor en anisometropías superiores a 1,00 D corregida con lentes, y tiene una prevalencia del 5 al 10% de la población. Otro factor de riesgo de la aniseiconía se encuentra en sujetos que se han sometido a una cirugía refractiva tipo LASIK o PRK (queratotomía fotorrefractiva) y ojos pseudofáquicos ya que después de estas operaciones es frecuente que haya una diferencia refractiva residual entre ambos ojos. Esto se debe a que las operaciones para corregir las ametropías (miopía, hipermetropía y astigmatismo) se han hecho populares. Además, hoy en día hay más operaciones de catarata debido al envejecimiento de la población y en la mayoría de casos se implantan lentes intraoculares.¹⁵

Clasificación de la aniseiconía:

En la aniseiconía pueden diferenciarse dos tipos de problemas, que a su vez presentan una cierta relación y son aniseiconía estática y dinámica. La aniseiconía estática evalúa la diferencia real que hay entre el tamaño de las imágenes de los dos ojos. Este tipo de aniseiconía podría producirse cuando existe una emetropía o ametropía sin una diferencia en el estado refractivo de ambos ojos. Mientras que la aniseiconía dinámica estudia las diferencias que se dan en la foria inducida cuando un sujeto mira a través de la corrección anisométrica (con lente oftálmica), a causa de la diferencia en la potencia de las lentes. Por ejemplo, una persona con una anisometropía elevada, es decir, con una gran diferencia en el estado refractivo de ambos ojos al cual se le corrige con gafas.¹⁶

1.4.2. Monovisión

Esta técnica de corrección ha sido utilizada durante muchos años con éxito mediante lente de contacto, pero en los últimos años se ha visto incrementado el intento de una monovisión inducida mediante la implantación de lentes intraoculares y cirugía refractiva para personas presbítas y con pseudoafacia. La monovisión consiste en la corrección de un ojo para VP y el otro para VL. El objetivo principal de la monovisión, es que la persona tenga una visión clara en ambas distancias, sin necesidad de una corrección mediante gafa.¹⁷

Aproximadamente, el 95% de las personas que han utilizado esta técnica tienen el ojo dominante corregido para VL y el no dominante para VP, con una anisometropía inducida inferior 2,50 D. Esta técnica se basa en la hipótesis de que el desenfoque que se produce en el ojo no dominante será más fácil de suprimir que si se produjese en el ojo dominante. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la corrección mediante monovisión origina imágenes diferentes que se proyectaran a cada una de las fóveas, lo que puede producir una disminución de la estereopsis. Se ha sugerido que la razón podría ser, la supresión foveal que se origina en el ojo con la imagen borrosa.^{6,17}

En un estudio¹⁸ del rendimiento visual de la monovisión en personas con pseudofaquia, a pesar de que aproximadamente un 80% de las personas con monovisión dijeron estar conformes con el resultado obtenido, se pudo observar una disminución relativa de la estereopsis. Además de la reducción de la capacidad estereoscópica, esta técnica también presenta otras limitaciones ya que producen ciertas alteraciones en algunas funciones visuales como una disminución en la AV y en la sensibilidad al contraste.¹⁹

1.5. AMBLIOPÍA

La ambliopía se puede definir como la “disminución de la agudeza visual sin alteración orgánica o causa aparente que la justifique”⁴. Hay que distinguir entre ambliopía funcional y ambliopía orgánica. En la orgánica la reducción de la AV no está relacionada con la estimulación recibida, ya que se debe a defectos estructurales y suele ser irreversible en gran parte de los casos. Sin embargo, la ambliopía funcional con el tratamiento adecuado puede ser reversible. La ambliopía se debe a que en las etapas tempranas de vida se produce un desarrollo anormal de la visión y tienen como consecuencia varias deficiencias visuales como la reducción de la AV monocular, una disminución de la sensibilidad al contraste, una baja capacidad estereoscópica y supresión del ojo ambliope.^{4,20}

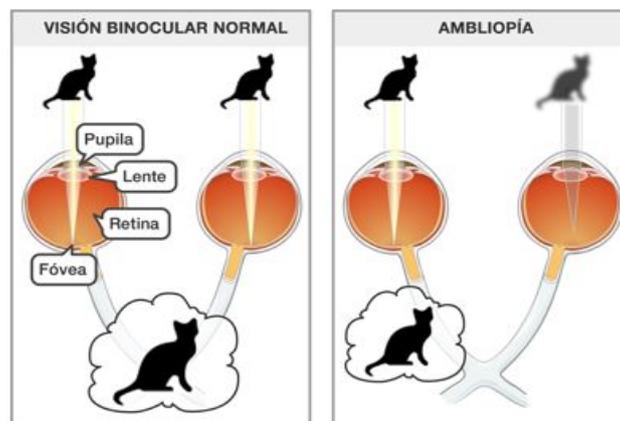


Fig. 4. Representación de la visión normal y visión con ambliopía.²¹

La ambliopía no solo es un problema ocular, ya que su origen se localiza en el área cortical debido a una estimulación deficiente. Estudios realizados en animales²² han detectado anomalías a nivel del CGL y en la corteza estriada. Las neuronas del cuerpo geniculado lateral se dividen en células del sistema parvocelular (P) y del sistema magnocelular (M). Para que haya una adecuada interpretación de la información visual, en el córtex hay interconexiones entre receptores magnos y parvocelulares. El sistema parvocelular proyecta áreas del campo visual central y de la fóvea. Mientras que el sistema magnocelular proyecta áreas del campo periférico y parafoveal. El sistema parvocelular puede verse afectado en la ambliopía y el magnocelular en casos donde la AV es muy baja.⁴

En cuanto a la etiología de la ambliopía existe la ambliopía estrábica, por privación, secundaria a Nistagmus y ambliopía anisométrica que es en la que nos vamos a centrar dado el tema del estudio.

La ambliopía estrábica es secundaria a un estrabismo y aparece en el ojo desviado. En cuanto a originada por privación se debe a una continua oclusión y, por tanto, a la ausencia de estímulo visual. Este tipo de ambliopía es la menos frecuente y la que más daño causa, además de ser la más difícil de tratar. La ambliopía por privación puede producirse por cataratas congénitas, opacidades de la córnea y en terapias durante oclusiones prolongadas. La ambliopía secundaria a Nistagmus se debe a que los movimientos anormales causan una disminución de la AV y una fijación inadecuada de la fóvea.^{4, 7, 23}

1.5.1. Ambliopía anisométrica

La ambliopía anisométrica se debe a que hay un error refractivo importante y con magnitudes que difieren en cada ojo que no se ha corregido, provocando que no se forme la imagen nítida en las dos retinas a la vez; por lo que el ojo con más ametropía desarrolla ambliopía. La formación de imágenes borrosas impide una correcta estimulación del sistema visual y el no corregir esta ametropía da como resultado la supresión de la imagen retiniana del ojo con más ametropía. Los problemas visuales como resultado de la anisometropía no corregida pueden no detectarse de forma rápida debido a que un ojo ve con nitidez, lo que puede evitar la presencia de signos y síntomas.¹⁶

Se ha determinado un periodo de desarrollo de la ambliopía anisométrica que pueden producirse en las primeras etapas de la vida, este periodo a su vez se divide en un periodo crítico de sensibilidad que puede darse hasta aproximadamente los 3 años y un periodo sensible donde el sistema visual es capaz de cambiar ya que este periodo tiene mayor duración, desde aproximadamente los 3 años hasta los 10 años. Aunque el periodo de desarrollo se ha considerado hasta aproximadamente los 7 años, este no tiene que coincidir con aquel en el que el tratamiento es posible. Sin embargo, la corrección de la anisometropía no siempre evita la aparición de la ambliopía, debido a que la anisometropía puede estar acompañada de aniseiconía, dificultando la fusión y ayudando a la presencia de un escotoma de supresión, viéndose así afectado el sistema visual.^{4, 16}

En cuanto a la relación entre anisometropía y ambliopía es más frecuente encontrar ambliopía entre sujetos con anisometropía hipermetrópica que miópica, pues como se ha mencionado anteriormente, en el hipermetrope el ojo con mayor ametropía no tendrá nunca una imagen nítida mientras que el ojo menos hipermetrope tendrá imagen nítida, esto produce que en el ojo más hipermetrope la AV se reduzca. En el caso del miope, el ojo con menos ametropía se emplea para VL y el que tiene más ametropía para VP, de modo que ambas retinas reciben una estimulación adecuada y la ambliopía no llega a desarrollarse.¹⁶

En resumen, la visión binocular es una condición necesaria para que el ser humano pueda tener visión estereoscópica. La estereopsis puede verse reducida cuando el sujeto presenta anisometropía dado que a cada uno de los ojos le llega imágenes retinianas diferentes. Por otro lado, es importante en monovisión, conocer cómo influye la anisometropía inducida en la visión binocular cuando se corrige un ojo para VP y otro para VL.

El propósito de este estudio es conocer como se ve afectada la estereopsis conforme se va aumentando la diferencia de graduación entre ambos ojos, mediante la anisometropía inducida en los sujetos de estudio y las consecuencias que se pueden originar.

2. HIPOTESIS

La hipótesis de este trabajo es que la visión binocular, y en concreto la estereopsis de sujetos con anisometropía inducida, se ve alterada según el grado de diferencia de graduación entre ambos ojos.

3. OBJETIVO

El objetivo principal del estudio es cuantificar como varía la función del sistema visual binocular y concretamente la estereopsis al inducir diferentes grados de anisometropía mediante la simulación de esta, colocando delante del ojo lentes tanto positivas como negativas.

Como objetivos secundarios:

1. Estudiar la estereopsis en VL y VP con la corrección y al inducir diferentes ametropías con lentes de prueba en uno de los dos ojos
2. Evaluar la aniseiconía en los dos rangos de visión (lejana y próxima) con la graduación del paciente y al inducir distintas ametropías.

4. MATERIAL Y MÉTODO

Este estudio se llevó a cabo en la Universidad de Zaragoza, en la facultad de ciencias. La muestra de estudio está formada por 30 sujetos de los cuales el 70% fueron mujeres y el 30% hombres, con una media de edad de $23,63 \pm 3,67$ años. Todos los sujetos eran amétropes y portaban su graduación en gafa.

Para llevar a cabo el estudio se tuvieron en cuenta una serie de criterios para determinar si el sujeto podía participar en el mismo.

- **Criterios mínimos de inclusión:**
 - Edad del paciente entre 18 y 35 años.
 - Buena agudeza visual en cada uno de los ojos, con una agudeza mínima de 0,8 y una diferencia de no más de una línea de agudeza visual entre ambos ojos.
 - Capacidad para fusionar mediante el test de Worth.
 - Un valor de estereopsis igual o inferior a 60 sec arc.
- **Criterios de exclusión:**
 - Incumplir uno o más de los criterios de inclusión.
 - Supresión en un ojo.
 - Antecedentes que afecten a la visión binocular como estrabismos, ambliopías, ciertas patologías oculares o cirugía ocular.

Todos los sujetos cumplieron con los criterios de inclusión para poder realizar el estudio.

4.1. PROTOCOLO DEL ESTUDIO

En primer lugar, todos los sujetos firmaron el consentimiento informado, el modelo puede encontrarse en el ANEXO I. Se realizó una valoración optométrica a cada uno de los sujetos, siguiendo el mismo orden de pruebas. La sesión con cada individuo tuvo una duración aproximada de 20-25 minutos en función de su capacidad de respuesta. Los resultados de las pruebas se anotaron en la ficha que se encuentra en el ANEXO II.

Las pruebas en VL se realizaron con el programa de optotipos Optonet. Previamente se realizó la configuración y calibración del programa.

- ✓ Resolución de la pantalla: se seleccionó la resolución recomendada para el sistema operativo (1600x900).
- ✓ Calibración del tamaño de los tests: según las medidas de nuestro monitor y la longitud del gabinete.
- ✓ Configuración del color: de forma que los colores mostrados en la pantalla fuesen complementarios con los filtros de la gafa anaglifa empleada.

En la valoración optométrica se realizó la refracción subjetiva a cada sujeto, puesto que las pruebas posteriores debían realizarse con la mejor corrección óptica. Se obtuvo la medida de la AV para VP a

40 cm y en VL a 6 metros de distancia del sujeto. La medida se realizó tanto en visión monocular como en binocular. Con el test de Worth se evaluó la capacidad de fusión, así como la existencia de una posible supresión. Posteriormente se realizaron las pruebas de dominancia ocular, estereopsis y aniseiconía, tanto en visión próxima como lejana.

Los test de estereopsis y aniseiconía se llevaron a cabo con la mejor refracción del sujeto y posteriormente introduciendo lentes de $\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$ alternativamente por separado delante de cada uno de los ojos. Se utilizó gafa y lentes de prueba para de esta forma simular una anisometropía. En VP la medida de la estereopsis se llevó a cabo con el Test Random Dot 2 y la medida de la aniseiconía con el programa Optonet.

- **Dominancia ocular:** Se realizaron 4 test diferentes para valorar la dominancia ocular. Cuando al menos 3 de ellos coincidían se consideró ese ojo como el dominante.

- a) **Lente de positiva +2,00 D:** Se colocaba alternando entre ojo derecho (OD) y ojo izquierdo (OI) una lente de prueba de +2,00 D, y se le indicaba al sujeto que mirase un optotipo en VL y nos dijese cuando obtenía la peor imagen. El ojo que obtuvo peor imagen con la lente se anotaba como ojo dominante.



Fig 5. Lentes +2,00 D

- b) **Test de Worth:** Durante la realización de la prueba el sujeto debía indicar el número de luces que observaba y en concreto de qué color era la luz blanca, ya que en algunos casos fue roja, en otras fue verde. Esto mostraba en cada caso cual era el ojo dominante.



Fig 6. Test de Worth y gafa rojo verde.

- c) **Prueba del orificio:** Se indicó al individuo que sujetara una hoja que disponía de un orificio central, con los brazos extendidos y que poco a poco fuese acercándose la hoja, manteniendo en todo momento el objeto que se encontraba en VL en el centro. En función de la desviación del agujero hacia uno de los ojos, se anotó el ojo dominante.



Fig 7. Prueba orificio.

- d) **Agujero con las manos:** Esta prueba consiste en formar un agujero con las manos juntas y colocar en el centro el objeto observado en VL. Después se ocluyó primero un ojo y después el otro y el sujeto indicó con qué ojo ve la imagen. El ojo con el que se observó la imagen en el centro fue considerado el ojo dominante.



Fig 8. Agujero con manos.

- **Test Random Dot 2:** este test sirve para la medida de la estereopsis en VP. Esta evaluación se hace de mayor a menor grado de estereopsis. Uno de los posibles problemas que suele tener este tipo de test es que la sensación de profundidad no suele ser inmediata, requiere de un tiempo corto de atención. También hay que tener en cuenta que al colocar gafas polarizadas se produce un efecto disociador. Por otro lado, el sujeto debe permanecer con la cabeza recta.



Fig 9. Test Random Dot 2.

El test consta de 12 niveles de estereopsis. Se le indicó al sujeto que se colocara la gafa polarizada y que indicara cuál de los círculos, derecha, centro o izquierda, tenía aspecto de sobresalir o “estar flotando”. A efectos estadísticos, en caso de obtener una estereopsis nula con el test, se anotó como valor 800 sec arc.

- **Test de estereopsis en VL:** Este test consta de 4 grupos de líneas verticales, durante la realización del test el sujeto porta una gafa rojo-verde (OD con el filtro rojo). El sujeto tuvo que indicar cuál de las 4 líneas está “flotando” ligeramente en cada momento. El nivel del test se fue modificando de mayor a menor grado de estereopsis. Los valores que nos proporciona este programa en sec arc, van desde 800” hasta 10”. A nivel estadístico, en caso de que el sujeto no viese ningún grado de estereopsis del test, se anotó como valor 800 sec arc.



Fig 10. Test de líneas.

- **Test Aniseiconía:** sirve para la medida de la aniseiconía tanto en VL (6m) como VP (40cm). Consta de dos “Es” mayúsculas enfrentadas. Se le colocaron al sujeto las gafas rojo-verde (filtro rojo en OD). Si a través de las gafas rojo-verde se observan las dos “Es” de igual tamaño, el individuo no presenta aniseiconía. Si el sujeto observa una de las dos “Es” de mayor tamaño en comparación con la otra, esto indica la presencia de aniseiconía. En el último caso, el programa permite conocer la diferencia entre ambas imágenes en porcentaje (%) variando el tamaño de una de las dos “Es” (la verde), mientras la “E” roja permanecerá fija. El valor de la aniseiconía que se obtiene presenta un valor positivo o negativo dependiendo de si la letra de mayor tamaño es la que permanece fija o la que varía su tamaño respectivamente. A nivel estadístico, para la anotación del porcentaje de aniseiconía se cogió el valor absoluto, sin tener en cuenta el signo.

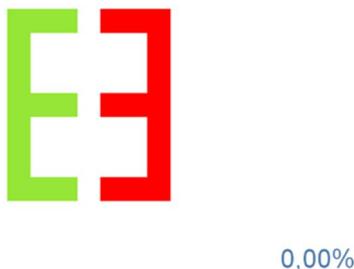


Fig 11. Test aniseiconía.

4.2. ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados que se obtuvieron de cada una de las pruebas realizadas, fueron recogidos en una hoja de cálculo del programa Excel (Microsoft® Office Excel 2013, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EEUU) para posteriormente ser analizados mediante el programa estadístico SPSS (versión 20.0, IBM Corporation, Somers, EEUU).

Los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, fueron valores cuantitativos. Se realizó la media entre los valores obtenidos cuando la anisometropía se inducía en el ojo dominante y en el no dominante. Para describir cada parámetro se empleó la media, desviación estándar y el rango (valores máximo y mínimo) de cada parámetro con cada una de las lentes.

Para la representación de los resultados, se utilizaron las gráficas que proporciona el programa Excel.

5. RESULTADOS

5.1. ESTEREOPSIS

- **Influencia de la dominancia ocular**

El estudio se llevó a cabo con 30 sujetos, de los cuales predomina el OD como dominante con un 86,67%, mientras con un 13,33% el OI es el dominante.

Lente (D)		Mínimo (Sec arc)	Máximo (Sec arc)	Media (Sec arc)	Desv. Típica (Sec arc)
-3,00	O-D	30,00	800,00	473,66	282,66
	O-ND	45,00	800,00	522,27	297,98
-2,00	O-D	30,00	800,00	208,43	198,29
	O-ND	40,00	800,00	235,37	219,65
-1,00	O-D	15,00	800,00	100,47	138,83
	O-ND	15,00	200,00	84,33	53,14
0,00		12,50	63,00	33,83	16,66
1,00	O-D	12,50	200,00	73,02	50,11
	O-ND	15,00	160,00	63,27	37,78
2,00	O-D	25,00	400,00	152,33	108,97
	O-ND	15,00	400,00	178,13	120,86
3,00	O-D	15,00	800,00	394,00	289,28
	O-ND	20,00	800,00	420,50	289,82

Tabla 2. Valores medios mínimos, máximos, media y desviación típica de estereopsis con el test Random Dot 2.
O-D: ojo dominante y O-ND ojo no dominante

En la tabla 2 se puede observar que a mayor grado de anisometropía inducida menor capacidad estereoscópica, independientemente de si se coloca la lente delante del ojo dominante o del ojo no dominante, en ambos casos la estereopsis se ve afectada por la diferencia de refracción entre ambos ojos.

De la misma forma, en la Tabla 3 puede verse que los valores obtenidos para VL siguen el mismo patrón que en VP.

Lente (D)		Mínimo (Sec arc)	Máximo (Sec arc)	Media (Sec arc)	Desv. Típica (Sec arc)
-3,00	O-D	30,00	240,00	93,00	47,01
	O-ND	45,00	344,00	109,47	63,04
-2,00	O-D	30,00	210,00	89,00	37,77
	O-ND	45,00	180,00	96,00	32,15
-1,00	O-D	15,00	135,00	68,00	27,50
	O-ND	30,00	195,00	67,00	32,89
0,00		15,00	60,00	48,67	13,83
1,00	O-D	30,00	165,00	77,50	35,47
	O-ND	45,00	210,00	99,50	41,03
2,00	O-D	45,00	180,00	83,00	35,17
	O-ND	45,00	359,00	115,47	69,70
3,00	O-D	30,00	800,00	111,67	138,20
	O-ND	45,00	800,00	142,63	161,85

Tabla 3. Valores medios mínimos, máximos, media y desviación típica de estereopsis para visión lejana.
O-D: ojo dominante y O-ND ojo no dominante

Ante estos resultados, se realizó una media entre los valores de ojo dominante y ojo no dominante. Por tanto, las tablas y graficas posteriores se realizaron con estos valores medios.

En la Tabla 4, aparecen reflejados los valores medios de estereopsis obtenidos en VP con las distintas lentes utilizadas para crear anisometropía inducida.

Lente (D)	Mínimo (Sec arc)	Máximo (Sec arc)	Media (Sec arc)	Desv. Típica (Sec arc)
-3,00	37,50	800,00	497,97	274,11
-2,00	36,00	800,00	221,90	196,31
-1,00	15,00	500,00	92,40	88,44
0,00	12,50	63,00	33,83	16,66
1,00	18,75	160,00	68,14	37,90
2,00	25,00	400,00	165,23	98,04
3,00	22,50	800,00	407,25	279,94

Tabla 4. Valores medios mínimos, máximos, media y desviación típica de estereopsis en visión próxima.

En la medida de la estereopsis, cuanto mayor es el valor obtenido peor es la capacidad estereoscópica, siendo los valores más bajo los que indiquen una buena estereopsis.

Se puede observar que los valores mínimos y máximos aumentan conforme aumenta la potencia de la lente ya sea positiva o negativa. Centrándonos en los valores medios, estos indican que sin lente delante del ojo, se consigue una estereopsis media de 33,83 sec arc. A partir de este valor, se observa un aumento progresivo de la estereopsis conforme aumenta la potencia de la lente. El aumento es significativo con las potencias altas, es el caso de las lentes de -3,00D y +3,00D con unos valores de 497,97 y 407,25 sec arc, respectivamente.

Para una interpretación rápida de los resultados, utilizaremos gráficas. En estas gráficas se observa tanto la potencia de lente introducida (eje de abscisas) como los valores de estereopsis alcanzado (eje de ordenadas) con cada una de ellas.

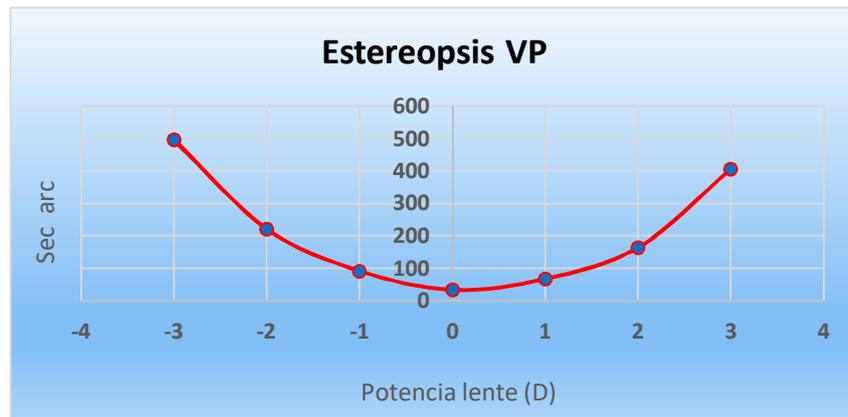


Gráfico 1. Estereopsis sin lente y con lentes de potencias $\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$ en visión próxima.

En el gráfico 1 puede verse que el valor medio de estereopsis que se obtuvo mediante el test de Random Dot 2 para VP va aumentando progresivamente cuanto mayor es la potencia de la lente, tanto negativa como positiva, teniendo un aumento más marcado con las lentes negativas. Los valores más elevados de estereopsis se alcanzan cuando la potencia es más alta para las potencias de $\pm 3,00D$.

La Tabla 5 muestra los valores medios de estereopsis en VL con las diferentes lentes utilizadas.

Lente (D)	Mínimo (Sec arc)	Máximo (Sec arc)	Media (Sec arc)	Desv. Típica (Sec arc)
-3,00	45,00	224,50	101,23	40,68
-2,00	45,00	180,00	92,50	26,89
-1,00	37,50	165,00	67,50	24,36
0,00	15,00	60,00	48,67	13,83
1,00	45,00	165,00	88,50	31,66
2,00	52,50	209,50	99,23	37,61
3,00	45,00	800,00	127,15	140,31

Tabla 5. Valores medios mínimos, máximos, media y desviación típica de estereopsis en visión lejana.

Los resultados indican que los valores de estereopsis mínimo y máximo son menores con potencias bajas y a medida que las lentes aumentan de potencia también se incrementan estos valores. Basándonos en los valores medios, la estereopsis pasa de 48,67 sec arc sin lente a 101,23 y 127,15 sec arc con las potencias más elevadas de $-3,00D$ y $+3,00D$, respectivamente.

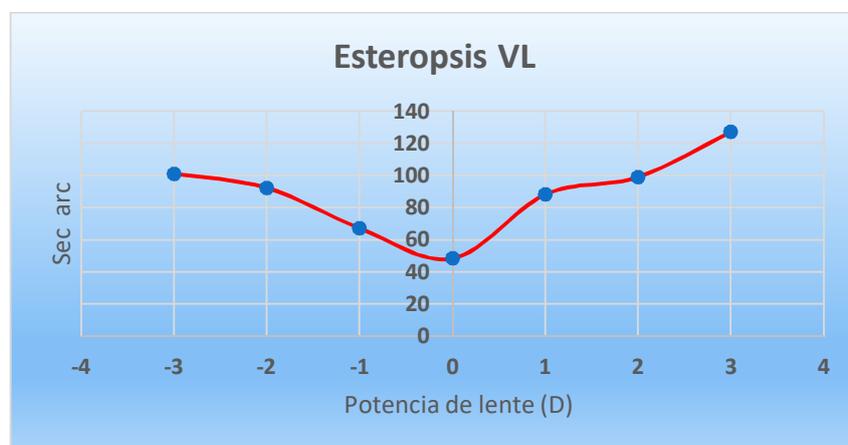


Gráfico 2. Estereopsis sin lente y con lentes de potencias $\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$ en visión lejana.

En el gráfico 2, se observa que la estereopsis sigue el mismo patrón que en VP. El valor medio más bajo de estereopsis se consigue con la mejor corrección, es decir, sin ninguna lente delante del ojo. Luego la gráfica muestra un evidente incremento tanto para lentes negativas como positivas, no obstante el aumento es más significativo con las lentes positivas.

5.2. ANISEICONIA

Los valores medios expuestos en la Tabla 6, corresponden a los resultados obtenidos en la medida de aniseiconía en VP.

Lente (D)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Media (%)	Desv. Típica (%)
-3,00	0,00	1,75	0,29	0,48
-2,00	0,00	1,75	0,44	0,57
-1,00	0,00	1,50	0,18	0,35
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	1,25	0,24	0,40
2,00	0,00	2,50	0,49	0,70
3,00	0,00	2,50	0,54	0,71

Tabla 6. Valores medios mínimos, máximos, media y desviación típica de aniseiconía en visión próxima.

Puede observarse que sin lente delante del ojo, la aniseiconía es nula 0,00%, mientras que el máximo porcentaje de aniseiconía que alcanzan los sujetos en VP, se corresponden con la lente de -2,00D y +3,00D con unos valores de 0,44% y 0,54%, respectivamente.

La tendencia es un aumento de la aniseiconía al incrementar la potencia de la lente. Sin embargo, cuando la prueba se realiza con la potencia más alta de -3,00D hay un cambio de dirección ya que el porcentaje de aniseiconía es de 0,29%.

En las siguientes gráficas se puede observar la potencia de la lente introducida en el eje de abscisas y el porcentaje de aniseiconía en el eje de ordenadas, para una visualización rápida.



Gráfico 3. Aniseiconía sin lente y con lentes de potencias $\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$ en visión próxima.

La representación gráfica 3 muestra, por un lado el comportamiento de la aniseiconía con lentes de potencia negativa con un aumento hasta las -2,00D para después disminuir con la potencia de -3,00D. Por otra parte, con las lentes positiva, la aniseiconía tiende incrementarse a medida que aumenta la potencia.

En la Tabla 7, los valores medios reflejados pertenecen a la medida de la aniseiconía en VL.

Lente (D)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Media (%)	Desv. Típica (%)
-3,00	0,00	2,00	0,46	0,65
-2,00	0,00	2,25	0,67	0,71
-1,00	0,00	3,25	0,53	0,74
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	2,75	0,58	0,80
2,00	0,00	2,00	0,51	0,73
3,00	0,00	3,00	0,43	0,69

Tabla 7. Valores medios mínimos, máximos, media y desviación típica de aniseiconía en visión lejana.

En cuanto a los resultados en VL, puede apreciarse la ausencia de aniseiconía cuando no hay lente delante del ojo, mientras que los valores máximos se consiguen con la potencia de -2,00D con un porcentaje de aniseiconía de 0,67% y con +1,00D con un valor de 0,58%. Además, con las potencias de -3,00D y +3,00D el porcentaje de aniseiconía se reduce con 0,46% y 0,43%, respectivamente.

En la Gráfica 4, se muestran los valores de la aniseiconía en VL.

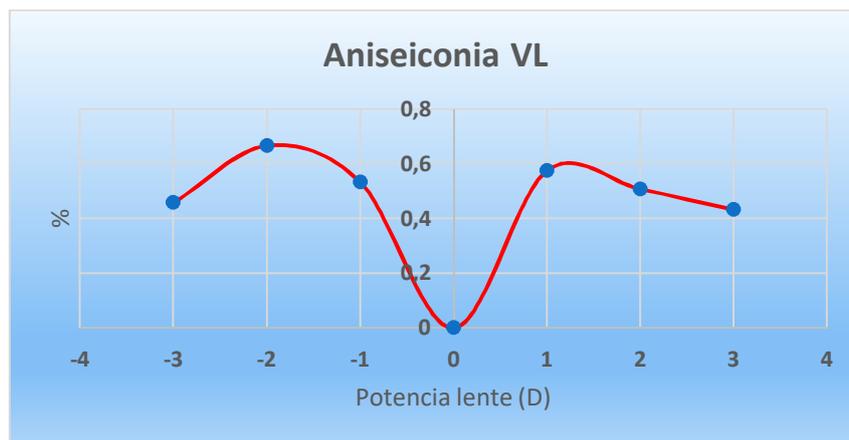


Gráfico 4. Aniseiconía sin lente y con lentes de potencias $\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$ visión lejana.

Observando los valores medios, cabe destacar que la aniseiconía toma diferentes direcciones desde un aumento mayor con lentes negativa hasta la potencia de -2,00D, frente a un aumento con lente positiva hasta +1,00D. Después, de este aumento se produce un descenso del porcentaje tanto en lentes negativas como positivas.

Para ambas medidas (cercana y lejana) se observa que con la potencia más alta de $\pm 3,00D$, hay una disminución de la aniseiconía, con la excepción de la lente de +3,00D en VP.

6. DISCUSIÓN

La estereopsis es el grado más alto de la visión binocular por el cual se puede percibir visualmente la profundidad del entorno. Sin embargo, anomalías visuales pueden interrumpir el correcto funcionamiento de la binocularidad. La anisometropía induce aniseiconía produciendo que las imágenes retinianas difieran entre ambos ojos, influyendo en la visión binocular normal y por consiguiente disminuyendo la estereopsis.^{4,7}

En el análisis de la estereopsis, tanto en VP como en VL, se observa un aumento de la misma, obteniendo unos valores más elevados cuando la medida se realiza en VP. La media de los valores obtenidos refleja una estereopsis normal (inferior a 60 sec arc), cuando el sujeto no llevaba ninguna lente delante del ojo, es decir, con su mejor corrección. Por el contrario, al ir colocando las diferentes lentes ($\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$) delante del ojo, la estereopsis se ve afectada, aumentado conforme mayor es la potencia de la lente, independientemente de si el signo es negativo o positivo. Cabe destacar un aumento significativo con las potencias de $\pm 3,00D$, con una estereopsis que se reducía de forma importante, sobre todo en VP.

Los resultados indican que en ambos casos (visión próxima y lejana), al ir aumentando el grado de anisometropía inducida se obtienen mayores valores de estereopsis. Dicho de otra forma, cuanto mayor es la diferencia refractiva entre ambos ojos, peor es la estereopsis.

En 2017, Nabie R et al ⁶ determinaron mediante el test de Titmus, Randot y TNO cómo se ve alterada la estereopsis al inducir anisometropía, colocando lentes de diferente potencia ($\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$) sobre el ojo dominante y no dominante. Los autores llegaron a la conclusión de que la dominancia ocular no afecta a la estereopsis. Esto se observó también en un primer momento en este estudio como puede observarse en la Tabla 2 y 3, cuando se compararon los resultados tras inducir la anisometropía en el ojo dominante y no dominante. Se utilizó la media de estas medidas a efectos estadísticos.

Brooks et al ²⁴ en su estudio evaluaron la estereopsis, mediante el test de Titmus de círculos induciendo anisometropía mediante la colocación de lentes con signo positivo y negativo con potencias de 1,00D a 3,00D solo en el OD, en orden aleatorio. Los resultados que obtuvieron sin lentes fueron de, aproximadamente, 50 sec arc, para las posteriores potencias de $\pm 1,00D$, $\pm 2,00D$ y $\pm 3,00D$ los resultados aproximados fueron de 90, más de 100 y 1000 sec arc, respectivamente. Ante estos hallazgos determinaron que se produce una disminución de estereopsis en proporción al grado de anisometropía inducido, siendo significativamente mayor con las potencias más altas.

Por otro lado Oguz H y Oguz V ²⁵, observaron que en los 21 sujetos de estudio, al inducir anisometropía de forma aleatoria con lentes tanto positivas como negativas de potencias de 1,00D a 3,00D, la estereopsis se redujo en proporción al grado de anisometropía. Los valores obtenidos mostraron una estereopsis de 50 sec arc, sin lente delante del ojo. Posteriormente, al ir aumentando la potencia de la lente este valor aumenta de aproximadamente 90 sec arc con $\pm 1,00D$ a 800 sec arc con $\pm 3,00D$. Por lo que determinaron que la anisometropía inducida degrada la estereopsis, con una reducción de estereopsis marcada en potencias elevadas.

En el presente estudio, basándonos en los resultados obtenidos al evaluar la estereopsis se puede concluir que a mayor grado de anisometropía inducida menor es la estereopsis, teniendo una mayor repercusión en las potencias más elevadas. Siendo los datos obtenidos similares a los dos estudios comentados.

La anisometropía, se considera el principal factor de riesgos de la ambliopía y se caracteriza en la mayoría de los casos con la reducción de la estereopsis.^{26, 27} Tomac S y Birdal E ²⁸ estudiaron a 25 anisométricos con su corrección óptica correspondiente. En primer lugar establecieron como ambliopía una diferencia de AV entre ambos ojos mayor de 2 líneas de Snellen y anisometropía cuando la diferencia fuese mayor a 0,75D. Para medir la estereopsis utilizaron el test TNO, obteniendo 60 sec

arc cuando la anisometropía media era de $0,85D \pm 0,17$ y con una diferencia de $2,83 \pm 0,79$ líneas. Después, vieron que a medida que aumentaba la anisometropía y la diferencia en el número de líneas de Snellen la estereopsis disminuía, llegando a obtener una estereopsis de 1980 sec arc con $2,30 \pm 0,72D$ y $6,00 \pm 1,09$ líneas. Ante estos resultados los autores concluyeron que la ambliopía anisométrica causa una degradación en la visión binocular.

Otra forma de inducir anisometropía es mediante la monovisión esta puede realizarse mediante lente de contacto o cirugía refractiva. En ambos casos se busca nitidez de imagen para las dos distancias, un ojo se emplea para VP y el otro para VL produciendo dos imágenes con diferente nitidez. En esta situación el sistema visual suprime la imagen más borrosa quedándose con la de mejor calidad, esto afecta al correcto funcionamiento de la visión binocular y tiene como consecuencias la disminución de la estereopsis y de la sensibilidad al contraste.²⁹ Un estudio³⁰ evaluó a sujetos sometidos a cirugía refractiva en los 6 primeros meses, además de los 5 primeros años. En dicha investigación, el ojo dominante se dejó emétrope ($0,00D$ a $+0,25D$) y el no dominante fue miope ($-2,00 \pm 0,50D$). La medida de la estereopsis se realizó a 54 sujetos mediante el test de Titmus, los resultados mostraron una mejora en la estereopsis durante los 6 primeros meses, aunque no se llegó a alcanzar valores normales. En las evaluaciones posteriores se observó que durante los cuatro primeros años los valores se mantuvieron y en el quinto año hubo un ligero aumento del valor de estereopsis. Ante estos resultados la conclusión fue que la monovisión puede influir en el rendimiento visual, pudiendo disminuir la estereopsis.

Cabe destacar que todos los estudios anteriores nos llevan en la misma dirección y en gran parte podemos estar de acuerdo con los valores obtenidos ya que se observa una progresiva disminución de la estereopsis cuando la anisometropía va aumentando.

En cuanto a los valores de aniseiconía obtenidos en este estudio, cabe destacar que hay una variación en el comportamiento entre VP y VL. En VP el porcentaje de aniseiconía es regular ya que conforme aumenta la potencia de la lente colocada delante del ojo del sujeto, mayor es el porcentaje de aniseiconía, con excepción de la lente $-3,00D$ en el cual se produce una disminución. Por otro lado, en VL con lentes negativas la tendencia es similar a VP, hay un aumento de aniseiconía, salvo para $-3,00D$. Sin embargo, con lentes positivas la aniseiconía toma una dirección diferente ya que hay una disminución según aumenta la potencia a excepción de la potencia más baja $+1,00D$, donde se alcanza el máximo porcentaje de aniseiconía. Después de todo lo observado se podría deducir que esta variación en los resultados se debe a que al colocar lentes de diferente potencia delante del ojo, además de que se induce una diferencia de tamaño en la imagen, también se produce una diferencia entre la nitidez de las imágenes retinianas.

Aun así, los valores con $\pm 1,00D$ y $\pm 2,00D$ muestran un porcentaje de aniseiconía que se mantiene por debajo del 0,75%, considerándose importantes clínicamente si fuesen igual o superior a dicho porcentaje.⁴

Como se ha mencionado anteriormente la anisometropía en la infancia es importante, ya que este defecto refractivo puede causar ambliopía. El tratamiento más habitual para la anisometropía es su corrección óptica exacta, mediante gafa. Sin embargo, en ocasiones una corrección de la anisometropía con gafa podría causar aniseiconía.^{4,31} En 1980, Campos EC y Enoch JM³² determinaron que puede producirse una pérdida de la capacidad estereoscópica cuando la aniseiconía es mayor al 5%.

Lovasik JV y Szymkiw³³ realizaron un estudio en el cual se indujo una aniseiconía del 1,2% y 32,2%. Se presentó a los sujetos de estudio el test de Titmus y Randot, mientras se iba variando los niveles de aniseiconía. Todos los sujetos presentaron estereopsis hasta una aniseiconía inducida de 13,3%, mientras un 82% mantuvo una estereopsis para aniseiconía de 13,3% y 22,3% y tan solo un 34% de los sujetos mantuvieron estereopsis para una aniseiconía por encima de 22,3%. Los autores observaron que a medida que se incrementaba la aniseiconía menos eran los sujetos que podían realizar correctamente las pruebas de estereopsis. Por lo que concluyeron que se produce una disminución de la estereopsis en proporción al aumento de la aniseiconía.

En el caso de la evaluación de la aniseiconía, no se encontraron estudios similares con el cual poder comparar los resultados obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, lo esperado sería haber obtenido tanto en VP como en VL un incremento de aniseiconía conforme se aumentaba el grado de anisometropía. Según un estudio³⁴ al colocar una lente de +4,00D además de originar desenfoque, se produce un aumento en el tamaño de la imagen, aproximadamente, de 7% a 9%.

La limitación principal del presente estudio fue el test empleado en la medida de la aniseiconía. Los sujetos tuvieron dificultad para diferenciar la presencia o no de aniseiconía ya que al incrementar la potencia de la lente, la borrosidad de la imagen observada era mayor. Quizá otros test como el New Aniseikonia test de Awaya o el test Aniseikonia Inspector no presente este problema. El primer test consta de un libro con pares de semicírculos en color rojo y verde sobre fondo blanco, en este hay un par de semicírculos de igual tamaño y una serie de estas figuras en las que el semicírculo verde va aumentando y después disminuyendo de tamaño de forma progresiva, el paciente ha de indicar cuando los semicírculos son iguales para ambos ojos. El Aniseikonia Inspector es un programa de ordenador en el cual hay dos barras de diferente tamaño de color rojo y verde, se presentan diferentes parejas y el sujeto deberá indicar cual le parece más grande o si le parecen iguales. En ambos test se utiliza gafa rojo/verde para su realización.³⁵ Otra limitación sería el número reducido de la muestra.

7. CONCLUSIÓN

1. Independientemente de ojo dominante o no dominante, la estereopsis se vio afectada al inducir diferentes grados de anisometropía.
2. La estereopsis muestra el mismo patrón para VP y VL ya que en ambos casos, cuanto mayor es la potencia de la lente, tanto negativa como positiva, colocada delante del ojo peor es la capacidad estereoscópica
3. La estereopsis disminuye en mayor grado con las potencias más elevadas de $\pm 3,00D$.
4. El grado de aniseiconía VP y VL aumenta al aumentar el grado de anisometropía inducida, si bien en algunos casos con potencias elevadas disminuye, probablemente por la dificultad para el paciente de distinguir el tamaño del estímulo debido a la borrosidad de la imagen.

8. BIBLIOGRAFIA

1. O'Connor AR, Tidbury LP. Stereopsis: are we assessing it in enough depth? Clin Exp Optom [Internet]. 2018 [citado 12 sept 2019];101(4):485-94. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cxo.12655>
2. Urtubia-Vicario C. Neurología de la visión binocular y estereoscópica. En: Urtubia-Vicario C, editor. Neurobiología de la visión. Barcelona: Edicions Universitat Politècnica de Catalunya; 1996. p. 203-18.
3. Montés-Micó R. Optometría: Principios básicos y aplicación clínica. Barcelona: Editorial Elsevier; 2011.
4. Martín-Herranz R, Vecilla Antolínez G. Manual optometría. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2011.
5. Wang J, Feng L, Wang Y, Zhou J, Hess RF. Binocular benefits of optical treatment in anisometric amblyopia. J Vis [Internet]. 2018 [citado 12 sept 2019];18(4):1-10. Disponible en: <https://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2677961>
6. Nabie R, Andalib D, Amir-Aslanzadeh S, Khojasteh H. Effect of artificial anisometropia in dominant and nondominant eyes on stereoacuity. Can J Ophthalmol [Internet]. 2017 [citado 12 sept 2019];52(3):240-2. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es/9443/science/article/pii/S0008418216305270>
7. Pons-Moreno AM, Martínez-Verdú FM. Fundamentos de visión binocular. Valencia: Publicacions de la Universitat de València; 2004.
8. Vías Ópticas [Internet]. [citado 12 sept 2019]. Disponible en: <http://viasopticas.blogspot.com/2012/09/via-optica.html>
9. Brown AM, Lindsey DT, Satgunam P, Miracle JA. Critical Immaturities Limiting Infant Binocular Stereopsis. Invest Ophthalmol Vis Sci [Internet]. 2007 [citado 12 sept 2019]; 48(3):1424-34. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2125403>
10. Delgado-Espinosa C, Castañeda-Suardíaz JG, Cordero-Jorge N, Rodríguez-Rodríguez S. Estudio de la eficacia del test TNO en la detección precoz de la ambliopía en atención primaria. Enferm. glob [Internet]. 2018 [citado 12 sept 2019];17(49):142-63. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412018000100142&lng=es&nrm=iso
11. García-Hdez RM. Explorando el mundo de la visión [Internet], s. f. Problemas refractivos: Anisometropía; 21 ene 2010 [citado 12 Sept 2019]. Disponible en: <http://rosavision.blogspot.com/2010/01/problemas-refractivos-anisometropia.html>
12. Furlan W, Muñoz-Escrivá L, García-Monreal J. Refracción ocular: Acomodación y ametropías. Furlan W, Muñoz-Escrivá L, García-Monreal J, editores. Fundamentos de optometría Refracción ocular. 2a ed. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia; 2009. p. 15-81.
13. Deng L, Gwiazda JE. Anisometropia in Children from Infancy to 15 Years. Invest Ophthalmol Vis Sci [Internet]. 2012 [citado 12 sept 2019];53(7):3782-7. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2128234>
14. Borchert M, Tarczy-Homoch K, Cotter SA, Liu N, Azen SP, Varma R. Anisometropia in Hispanic and African American Infants and Young Children. Ophthalmology [Internet]. 2010 [citado 12 sept 2019];117(1):148-53. Disponible en: [https://www.aaojournal.org/article/S0161-6420\(09\)00610-1/fulltext](https://www.aaojournal.org/article/S0161-6420(09)00610-1/fulltext)

15. Antona B, Barra F, Barrio A, Gonzalez E, Sanchez I. Validity and Repeatability of a New Test for Aniseikonia. Invest Ophthalmol Vis Sci [Internet]. 2007 [citado 12 sept 2019];48(1):58-62. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2163806>
16. Scheiman M, Wick B. Tratamiento clínico de la visión binocular. Disfunciones heterofóricas, Acomodativas y Oculomotoras. Madrid: J. B. Lippincott Company; 1996.
17. Seijas O, Gómez de Liaño P, Gómez de Liaño R, Roberts CJ, Piedrahita E, Diaz E. Ocular Dominance Diagnosis and Its Influence in Monovision. Am J Ophthalmol [Internet]. 2007 [citado 12 sept 2019];144(2):209-16. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0002939407003364>
18. Ito M, Shimizu K, Niida T, Amano R, Ishikawa, H. Binocular function in patients with pseudophakic monovision. J Cataract Refract Surg [Internet]. 2014 [citado 12 sept 2019];40(8):1349-54. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0886335014006737?via%3Dihub>
19. Bilbao-Calabuig R, Llovet-Osuna F. Non-lens-based surgical techniques for presbyopia correction. Arch Soc Esp Oftalmol [Internet]. 2017 [citado 12 sept 2019];92(9):426-35. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0365669117301545>
20. Gao TY, Ledgeway T, Lie AL, Anstice N, Black J, McGraw PV et al. Orientation Tuning and Contrast Dependence of Continuous Flash Suppression in Amblyopia and Normal Vision. Invest Ophthalmol Vis Sci [Internet]. 2018 [citado 12 sept 2019];59(13):5462-72. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2715825>
21. AboutKidsHealth [Internet]. [actualizado 6 nov 2009; citado 12 sept 2019]. Disponible en: <https://www.aboutkidshealth.ca/Article?contentid=835&language=Spanish>
22. Levitt JB, Schumer RA, Murray Sherman S, Spear PD, Movshon JA. Visual Response Properties of Neurons in the LGN of Normally Reared and Visually Deprived Macaque Monkeys. J Neurophysiol [Internet]. 2001 [citando 12 sept 2019];85(5):2111-29. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.2001.85.5.2111>
23. Simon JW, Aaby AA, Drack AV, Hutchinson AK, Olitsky SE, Plager DA et al. Oftalmología pediátrica y estrabismo. Madrid: Editorial ELSEVIER; 2007-2008.
24. Brooks SE, Johnson D, Fischer N. Anisometropia and Binocularity. Ophthalmology [Internet]. 1996 [citado 12 sept 2019];103(7):1139-43. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0161642096305551>
25. Oguz H, Oguz V. The Effects of Experimentally Induced Anisometropia on Stereopsis. J Pediatr Ophthalmol Strabismus [Internet]. 2000 [citado 12 sept 2019];37(4):214-8. Disponible en: <https://search-proquest-com.cuarzo.unizar.es:9443/docview/222218581/fulltextPDF/B2B39319526640B7PQ/1?accountid=14795>
26. Levi DM, Mckee SP, Movshon JA. Visual deficits in anisometropia. Vision Res [Internet]. 2011 [citado 12 sept 2019];51(1):48-57. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698910004748?via%3Dihub>
27. Dadeya S, Kamlesh, Shibal F. The effect of anisometropia on binocular visual function. Indian J Ophthalmol [Internet]. 2001 [citado 12 sept 2019];49(4):261-3. Disponible en: <http://www.ijo.in/text.asp?2001/49/4/261/14691>
28. Tomac S, Birdal E. Effects of anisometropia on binocularity. J Pediatr Ophthalmol Stabismus [Internet]. 2001 [citado 12 sept 2019];38(1):27-33. Disponible en: <https://search-proquest->

[com.cuarzo.unizar.es:9443/docview/222202179/fulltext/2312DBBB92D74013PQ/1?accountid=14795](https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es:9443/docview/222202179/fulltext/2312DBBB92D74013PQ/1?accountid=14795)

29. Burge J, Rodríguez-López V, Dorronsoro C. Monovision and the Misperception of Motion. *Curr Biol* [Internet]. 2019 [citado 12 sept 2019];29(15):2586-92. Disponible en: [https://www-sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0960982219307973](https://www.sciencedirect.com/cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0960982219307973)
30. Ito M, Shimizu K, Lida Y, Amano R. Five-year clinical study of patients with pseudophakic monovision. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2012 [citado 12 sept 2019]; 38(8):1440-5. Disponible en: <https://www-sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0886335012006487?via%3Dihub>
31. Lee JY, Seo JY, Baek SU. The Effects of Glasses for Anisometropia on Stereopsis. *Am J Ophthalmol* [Internet]. 2013 [citado 12 sept 2019];156(6):1261-6. Disponible en: <https://www-sciencedirect-com.cuarzo.unizar.es:9443/science/article/pii/S0002939413005199>
32. Campos EC, Enoch JM. Amount of Aniseikonia Compatible with Fine Binocular Vision: Some Old and New Concepts. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* [Internet]. 1980 [Citado 12 sept 2019];17(1):44-7. Disponible en: <https://search-proquest-com.cuarzo.unizar.es:9443/docview/1490658663/9CEB88308BFA43F7PQ/2?accountid=14795#center>
33. Lovasik JV, Szymkiw M. Effects of Aniseikonia, Anisometropia, Accommodation, Retinal Illuminance, and Pupil Size on Stereopsis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 1985 [citado 12 sept 2019];26(5):741-50. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2177150>
34. Bharadwaj SR, Candy TR. The Effect of Lens-Induced Anisometropia on Accommodation and Vergence during Human Visual Development. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 2011 [citado 12 sept 2019];52(6):3595-603. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2165936>
35. Antona-Peñalba B. Estudio de la aniseiconía. En: Antona-Peñalba B, editor. *Procedimientos clínicos para la evaluación de la visión binocular*. 2a ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2018. p. 109-13.

9. ANEXO I:

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



D. /Dña., mayor de edad, de..... años de edad, manifiesto que he sido informado/a sobre el estudio **Agudeza Visual estereoscópica en diferentes grados de anisometropía inducida**, dirigido por la profesora **Carmen López de la Fuente y Diana Soriano Pina**, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

1. He recibido suficiente información sobre el estudio y las pruebas a realizar.
2. He podido hacer todas las preguntas que he creído conveniente sobre el estudio y se me han respondido satisfactoriamente.
3. Comprendo que mi participación es voluntaria y puedo retirarme del estudio y revocar este consentimiento cuando lo desee sin que tenga que dar explicaciones.
4. Estoy de acuerdo en que mi consentimiento por escrito y otros datos estén a disposición del estudio en el que estoy participando, y del investigador responsable del mismo **Jenny Achig Pillajo**, pero siempre respetando la confidencialidad y la garantía de que mis datos no estarán disponibles públicamente de forma que pueda ser identificado.

He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos y sometidos a las garantías dispuestas en la ley 15/1999 de 13 de diciembre y que mis datos nunca serán transmitidos a terceras personas o instituciones.

Tomando ello en consideración, OTORGO mi CONSENTIMIENTO a participar en este estudio, para cubrir los objetivos especificados.

Firma del participante:

Firma del investigador:

Nombre y fecha:

Nombre y fecha:

A los efectos de lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (en adelante LOPD), y el Real Decreto 994/1999, de 11 de junio, de Reglamento de Medidas de Seguridad de los Ficheros Automatizados que contengan Datos de Carácter Personal, el interviniente queda informado y expresamente consiente la incorporación de sus datos a los ficheros de carácter personal de los que sea responsable la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

La Universidad de Zaragoza garantiza que todos los datos personales y/o de sus familiares representados facilitados por el titular serán tratados con la mayor confidencialidad y en la forma y con las limitaciones previstas en la LOPD y demás normativa aplicable.

10. ANEXO II:

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

Nombre y Apellidos:

Sexo M F

Fecha de nacimiento:

DOMINANCIA OCULAR	Lente +2.00	Worth	Prueba del orificio	Prueba con mano

REFRACCIÓN SUBJETIVA				
	Esfera	Cilindro	Eje	AV
OD				
OI				

WORTH	Visión lejana	Visión próxima

ESTEREOPSIS

Lente	-3		-2		-1		0		+1		+2		+3	
	OD	OI												
Visión lejana														
Visión próxima														

ANISEICONIA

Lente	-3		-2		-1		0		+1		+2		+3	
	OD	OI												
Visión lejana														
Visión próxima														