



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TRABAJO FINAL DE GRADO

LENTES INTRAOCULARES COMPENSADORAS DE LA PRESBICIA

María del Mar García Valdéz

Directora: María Sagrario Millán García-Varela

Departamento de Óptica y Optometría

JUNIO 2021

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

LENTES INTRAOCULARES COMPENSADORAS DE LA PRESBICIA.

RESUMEN

La pérdida de transparencia del cristalino, la lente natural que nos permite enfocar a todas las distancias, es común en la población mayor de 60 años aproximadamente.

Esta opacificación recibe el nombre de catarata. Es una patología normalmente bilateral que va asociada a la edad y que provoca pérdida de visión, pérdida de sensibilidad al contraste, borrosidad y deslumbramiento entre otros factores.

El implante de la lente intraocular es el método actual por el cual se restablece la visión del paciente, siendo una lente artificial que suplanta al cristalino.

Los objetivos principales del trabajo son: revisar los diversos tipos de lentes intraoculares que, según su diseño ofrecen diferentes prestaciones al paciente; definir los aspectos que influyen en la calidad visual y los métodos más utilizados para su evaluación, tanto objetivos como subjetivos. Otro de los objetivos principales consiste en el análisis del impacto que provocan las lentes intraoculares en la calidad visual en función de su diseño. El estudio hace hincapié en los diseños que compensan la presbicia bien mediante la multifocalidad o bien mediante la extensión del segmento focal de la lente intraocular. Por último, como aportación propia y personal, se presenta un caso real, en el que se implanta de manera unilateral una lente intraocular por circunstancias poco frecuentes.

Conclusiones: La calidad visual posoperatoria del paciente depende de las características de la lente implantada y también de otros factores, como la propia condición del individuo. Sin embargo, a grandes rasgos se puede precisar que, las lentes intraoculares monofocales solamente proporcionan una distancia de enfoque (normalmente ajustada a la visión lejana), lo que mantiene la presbicia en el ojo implantado. Por otro lado, estas lentes forman imágenes con mayor contraste y registran una menor incidencia de fenómenos fóticos. Los diseños multifocales permiten la visión a varias distancias de enfoque, si bien no con la misma calidad visual. Los diseños EDOF permiten un rango continuo de distancias de enfoque, aunque no llega a abarcar la visión lejana, intermedia y cercana. Las bajas adiciones y las pupilas pequeñas permiten atenuar los fenómenos fóticos.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

LENTS INTRAOCULARS COMPENSADORES DE LA PRESBICIA.

RESUM

La pèrdua de transparència del cristal·lí, la lent natural que ens permet enfocar a totes les distàncies, es comú en la població major de 60 anys aproximadament.

Aquesta opacificació rep el nom de cataracta. Es una patologia normalment bilateral que va associada a la edat i que provoca pèrdua de visió, pèrdua de sensibilitat al contrast, borrositat y enlluernament entre altres factors.

L'implant de la lent intraocular és el mètode actual pel qual es restableix la visió del pacient, una lent artificial que substitueix al cristal·lí.

Els objectius principals del treball són: revisar els diversos tipus de lents intraoculars que, segons el seu disseny ofereixen diferents prestacions al pacient; definir els aspectes que influeixen en la qualitat visual y els mètodes més utilitzats per la seva evaluació, tant objectius com subjectius. Un altre dels objectius principals consisteix en el anàlisi del impacte que provoquen les lents intraoculars en la qualitat visual en funció del seu disseny. L'estudi emfatitza en els dissenys que compensen la presbícia bé mitjançant la multifocalitat o bé mitjançant la extensió del segment focal de la lent intraocular. Per últim, com a aportació pròpia i personal, es presenta un cas real, en el que s'implanta de manera unilateral una lent intraocular per unes circumstàncies poc freqüents.

Conclusions: La qualitat visual postoperatòria del pacient depèn de les característiques de la lent implantada i també d'altres factors, com la pròpia condició de l'individu. No obstant això, a grans trets es pot precisar que, les lents intraoculars monofocals només proporcionen una distància d'enfocament (normalment ajustada a la visió llunyana), el que manté la presbícia a l'ull implantat. D'altra banda, aquestes lents formen imatges amb més contrast i registren una menor incidència de fenòmens fòtics. Els dissenys multifocals permeten la visió a diverses distàncies d'enfocament, si bé no amb la mateixa qualitat visual. Els dissenys EDOF permeten un rang continu de distàncies d'enfocament, encara que no arriba a abastar la visió llunyana, intermèdia i propera. Les baixes addicions i les pupil·les petites permeten atenuar els fenòmens fòtics.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

PRESBYOPIA-CORRECTING INTRAOCULAR LENSES.

ABSTRACT

The loss of transparency of the crystalline lens, the natural lens that allows us to focus at all distances, is common around the population over approximately 60 years of age.

This opacification is called a cataract. It is a normally bilateral pathology that is associated with age and that causes loss of vision, loss of contrast sensitivity, blurring and glare among other factors.

The implant of the intraocular lens is the current method by which the patient's vision is restored, being an artificial lens that supplants the crystalline lens.

The main objectives of the job are: to review the various types of intraocular lenses that, according to their design, offer different benefits to the patient; define the aspects that influence visual quality and the most used methods for their evaluation, both objective and subjective. Another main objective is to analyze the impact that intraocular lenses have on visual quality based on their design. The study emphasizes in designs that compensate for presbyopia either through multifocality or by extending the focal segment of the intraocular lens. Finally, as own and personal contribution, a real case is presented, in which an intraocular lens was implanted unilaterally due to rare circumstances.

Conclusions: The postoperative visual quality of the patient depends on the characteristics of the implanted lens and also on other factors, such as the individual's own condition. However, broadly speaking, it can be specified that intraocular lenses with simpler designs cause less negative impact on vision. However, it can be broadly stated that monofocal intraocular lenses only provide a focusing distance (normally adjusted to far vision), which maintains presbyopia in the implanted eye. On the other hand, these lenses form images with higher contrast and register a lower incidence of photic phenomena. Multifocal designs allow viewing at various focus distances, although not with the same visual quality. EDOF designs allow a continuous range of focus distances, although it does not cover far, intermediate and near vision. Low additions and small pupils allow photic phenomena to be attenuated.



EXTENSIVE ABSTRACT

Currently, cataract is one of the most prevalent ocular pathologies in the population.

It consists of the opacification of the lens and thickening, due to different factors. Age is the most common factor in the appearance of cataracts. For this reason, this pathology is frequent in people over 60 years of age.

It causes progressive loss of vision, glare, loss of contrast and diminution of the intensity of colors, among others.

To restore vision, the natural lens is removed and replaced with an intraocular lens (IOL). Today, this is the most widely used and beneficial mechanism to restore the patient's vision.

The work focuses on making a review of the various types of intraocular lenses that offer different benefits depending on their design; determine the aspects that influence visual function and the methods used to examine its condition; analyze the visual results obtained by implanted patients according to the established lens; and finally, present and analyze a real case in which an intraocular lens is unilaterally established due to the appearance of a cataract caused by high myopia (high myopia).

Today there are multiple types of intraocular lenses with their respective designs. These range from more basic designs, to designs with more technology and enhanced. The former represents conventional lenses, also called monofocals. These only have one focus, that is, the power is calculated for a single specific distance. They are normally calculated to provide clear vision for a far distance. These can also compensate for astigmatism, called toric lenses. Improved designs of IOLs aim presbyopia correction, at least in some extent. Multifocal lenses provide more benefits and functionalities for the patient's vision. Although, by having more focuses in which the energy is distributed to be able to cover more distances with clarity, the visual function is frequently affected to a greater or lesser extent.

This group of lenses is used to correct presbyopia, which usually appears in people over 40 years of age, in which the lens loses its elasticity and the ability to accommodate. Thus, these lenses are used to cover close distances, in addition to solving distance vision.

From this group we find bifocal, multifocal and extended focus lenses or EDOF.

On the other hand, there are lenses with an aspherical design. They arise from finding that spherical lenses do not compensate for high-order aberrations, that is, the positive spherical aberration that the cornea naturally presents. They even add more positive aberration. This deteriorates the quality of the visual image.

Therefore, IOLs with aspherical design are intended not to worsen the quality of vision once established, since they present null or negative spherical aberration, to compensate for the positive spherical aberration of the cornea.

Cataract surgery involves a process in which the ideal lens for the patient is selected according to his circumstances; the power of the IOL is calculated; a prior assessment of the status of the individual's visual quality is carried out; a surgeon proceeds to extract the natural lens and implant of the IOL; and, after a few days, the visual function is reassessed and the optical performance of the lens is analyzed.

By assessing the state of visual quality before and after surgery, the information obtained from pre- and post-surgery can be compared and the functionality of the intraocular lens and its



optical performance can be known. Both subjective and objective methods are used. Visual acuity (VA) and contrast sensitivity (CS) are measured, which are two highly influential but independent factors in visual function. AV provides amount of vision while CS provides amount of vision. The two aspects are examined at different distances: at a far distance, at an intermediate distance, and at a close distance. Both are analyzed using subjective methods. Also included in the subjective methods are the realization of blur curves with different vergences that determine the distances or the questionnaires to know the satisfaction of the implanted patient. The most widely used clinically are the QoV test (Quality of vision), VF-14 and the VFQ-25 test (Visual Function Questionnaire).

Regarding objective methods, an assessment of the IOL functionality can be made through the autorefractometer or retinoscopy. The first is a sophisticated instrument that provides fast, reliable but approximate refractive results. In contrast, the retinoscope is carried out manually and has more precision than the autorefractometer, since the two meridians are neutralized independently. In addition, another advantage of the retinoscope is that useful information can be extracted depending on how the reflection is observed. For example, irregularities in the cornea or opacities in the crystalline or intraocular lens can be estimated.

Once one of these methods is carried out, the subjective technique is followed to fine-tune the refraction.

For the selection of the ideal lens, various factors and aspects related to the patient must be taken into account. The ideal lens is the one that can best be adapted to the individual and the one with the least negative impact on their vision.

It is very important to examine all the structures of the eyeball in a deep way to observe the ocular physical characteristics, as well as the presence of irregularities or pathologies.

If this is the case, the anomalies must be treated before the lens implant (pterygium, dry eye, etc.). On the one hand, they can be aggravated after the operation and negatively influence vision and be a complication; and, on the other hand, they can lead to variations in the calculation of the intraocular lens. Also, operations or surgeries such as LASIK should be taken into account when choosing the IOL.

In addition, the optimal selection of the lens also depends, to a lesser extent, on the subjective needs of the patient (due to his lifestyle or expectations).

Thus, considering all the objective ocular aspects and the subjective aspects of the implant, the selection of the optimal and ideal intraocular lens for each patient is carried out. Depending on the situation of each one, one lens design or another is implanted to provide the best neuronal adaptation and the best visual function, reducing negative impacts and complications.

All intraocular lenses are analyzed through the optical bench using the in vitro technique. By means of an artificial eye, the optical results and the performance of a certain lens are obtained. However, this analysis is not really concrete and precise, since some important ocular parameters are not taken into account. For example, the depth of the anterior chamber of the eyeball or its axial length. This results in variations on the actual effects.



Regarding the visual quality related to each type of intraocular lens, it is not possible to establish an exact sequence of effects that always occurs, since it depends on the person, their circumstances and their ability to adapt. But it can be specified, according to studies that, with the monofocal intraocular lens, the impact on visual function is less than with a multifocal lens. Photic phenomena such as halos and glare are less intense with these lenses due to their simple design. Instead, these phenomena are intensified in those eyes implanted with multifocal lenses. However, the latter provide better vision for intermediate and close distances, in addition to avoiding the use of glasses for these distances. On the contrary, with monofocal lenses, the need arises to use glasses since they normally only cover the distance from far.

It is also specified that, with multifocal lenses with low additions, patient satisfaction is greater than with those with higher additions. The number and size of halos are also less with low additions.

On the other hand, aspherical designed lenses provide greater overall patient satisfaction. Statistically there are no significant differences in VA or CS but, subjectively, patients report greater comfort than with spherical lenses.

Finally, a real case of great interest for the cause of the development of the cataract is exposed. This is a case in which a patient is operated on for a cataract and an intraocular lens is unilaterally established. This cataract appears at an early age and is caused by the high myopia that it manifests.

At the time the intervention was performed, she had very low visual acuity since the pathology progressed very quickly and a refraction of -12.5D. However, the contralateral eye was practically emmetropic.

A monofocal intraocular lens with an aspherical design from Alcon® was established.

Due to its ocular physical characteristics, with a very stretched and thin retina, this type of lens is chosen to avoid complications such as those that multifocal lenses can cause. Among the reasons is accommodation. By establishing the IOL in only one eye, accommodation is impaired. To avoid further damage and complications to vision, the monofocal lens in this case is the best option.

Photos with their respective comments are attached in the annexes section.

This is a case is an example of the considerations that must be taken into account to select the optimal lens.

As conclusions, it is specified that it is of great interest and very useful to extract the information after the implantation of the intraocular lens. Thus, it is possible to contrast with the information obtained from the tests of the optical bench (in vitro technique) and to continue innovating, developing and enhancing the designs of surface lenses, that more and more people aspire and wish to have a high quality of life in which vision greatly influences.

In addition, contrasting data is useful to know the real benefits of the lenses.

On the other hand, most people have visual impairments after implantation (glare, halos, dry eyes, etc.). Depending on the neuronal adaptation, the negative effects diminish over time.

As already mentioned before, there is no established sequence of effects that occur on a given lens, since the patient's previous situation and its qualities have to be considered.



Regarding the last section, the case concludes that cataract can arise from multiple factors, although the most frequent cause is age, and progress differently in each eye. Also, for the selection of the lens the entire previous situation of the patient is considered so as not to impair his vision or his neuronal adaptation.



ÍNDICE

1. Introducción.....	10
2. Objetivos del trabajo.....	11
3. Lentes intraoculares.....	12
3.1 Tipos de lentes intraoculares.....	12
3.1.1 Lentes monofocales o convencionales.....	13
3.1.2 Lentes compensadoras de la presbicia.....	14
3.1.3 Compensación de la aberración esférica.....	16
4. Aspectos visuales para evaluar la calidad visual.....	16
4.1. Agudeza visual.....	18
4.2. Sensibilidad al contraste.....	18
5. Tipos de test utilizados para la valoración de la calidad visual.....	18
5.1 Exámenes subjetivos: Agudeza visual, sensibilidad al contraste, curvas de desenfoque y cuestionarios para la valoración subjetiva de la calidad visual.	
5.1.1 Agudeza Visual.....	18
5.1.2 Sensibilidad al contraste.....	19
5.1.3 Curvas de desenfoque.....	21
5.1.4 Cuestionarios subjetivos para la valoración de la calidad visual y satisfacción del paciente.....	22
5.2 Exámenes objetivos: rinoscopia y autorrefractómetro.....	23
6. Consideraciones preoperatorias para la selección de la lente óptima.....	24
7. Análisis de la calidad visual en función del diseño de las lentes intraoculares.....	25
8. Caso real: paciente con implante de lente intraocular por catarata causada por una miopía magna.....	31
9. Conclusiones.....	34
Abreviaturas.....	35
Referencias bibliográficas.....	36
Anexos.....	38

1. Introducció

La catarata es una de las patologías oculares más prevalentes del campo de la oftalmología, la cual está en continua evolución junto con sus técnicas quirúrgicas.

Es muy común en personas mayores de 60 años y aparece en el momento en el que el cristalino crece, se engrosa, aumenta su rigidez y se opacifica, es decir, pierde transparencia progresivamente por diversos factores y causas (edad, diabetes, uso de corticoides, etc.). Por efecto de la difusión de la luz en la catarata, se produce una degradación en ciertas capacidades visuales: disminución progresiva de la agudeza visual, disminución de la sensibilidad al contraste, visión borrosa y sensación de halos, mayor deslumbramiento con luces intensas y mayor dificultad en visión escotópica (Figura 1). Su prevalencia entre la población es muy elevada a nivel local e internacional, aumenta con la edad afectando a un 40% de esta y más del 60% a partir de los 70 años [1].

Actualmente, para solventar la baja calidad visual provocada por la patología, el implante de una lente intraocular (LIO) para la cirugía de cataratas es la primera y única opción para sustituir el cristalino y restablecer la visión del paciente.

Sin embargo, cabe mencionar que, también existe otra causa que da lugar a la necesidad de implantar una lente intraocular: la corrección de una elevada ametropía. A esta técnica se le denomina cirugía refractiva intraocular.

Para su cirugía, se hace un seguimiento de la catarata hasta que el cristalino llega a un estado apto para ser extraído e implantar una lente intraocular. A continuación, se hacen las medidas y cálculos correspondientes -estos tienen que ser lo más exactos posible para minimizar riesgos- y se procede a la extracción del cristalino mediante facoemulsificación e implante de la lente.

El cristalino es también la lente natural del interior del ojo que nos permite enfocar mediante la acomodación objetos cercanos e intermedios. Tras el implante con LIO, la acomodación natural desaparece. Por esta razón, los nuevos diseños de lentes intraoculares intentan proporcionar formas de compensar la presbicia, al menos mediante una o dos distancias de observación nítida además de la visión de lejos. Estas lentes reciben el nombre de lentes intraoculares compensadoras de la presbicia. Este trabajo se centra en los resultados visuales que producen dichas lentes y los procedimientos optométricos para evaluarlos en la clínica.

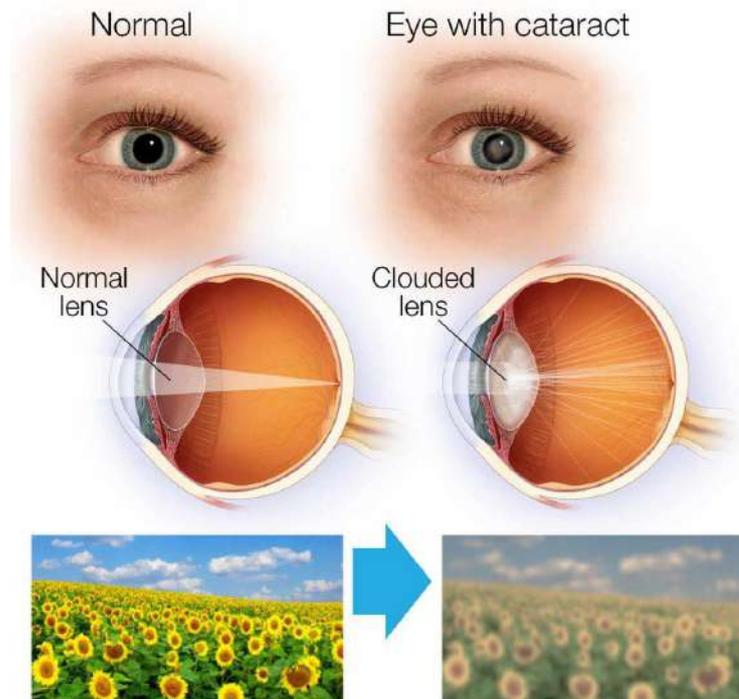


Figura 1. Comparación ojo sano (izquierda) con ojo con catarata (derecha).

Fuente: <https://drjavierkiehne.com/cataratas/>

En esta figura ilustrativa se puede observar que el cristalino opacificado y engrosado es el responsable de causar la dispersión de la luz que se proyecta en diversos puntos de la retina provocando borrosidad. En la última se muestra otra consecuencia de dicha patología, la pérdida de contraste y, por tanto, de luminosidad e intensidad.

2. Objetivos.

El objetivo principal de este trabajo -debido a la necesidad de un mayor conocimiento de las lentes intraoculares y sus prestaciones según diseño-, es desarrollar, analizar, comparar y realizar una valoración de la calidad visual que obtienen los individuos con cada tipo de lente artificial, una vez han sido implantados con la lente intraocular más adecuada acorde a sus circunstancias y necesidades, concretamente aquellos cuya causa de la cirugía ha sido por catarata.

A continuación, se exponen los objetivos específicos del trabajo desglosados:

- El primer objetivo específico consiste en hacer una revisión de los diferentes tipos de lentes intraoculares que existen y se están implantando hoy en día. Se expondrá de manera breve como punto de partida sobre el que se desarrollará el tema principal. Asimismo, se pretende que ayude a mejorar su comprensión.
- El segundo objetivo específico se refiere a la definición de los aspectos visuales que afectan directamente a la función visual.
- El tercer objetivo enlaza con el segundo y hace referencia a los métodos de medida más frecuentes que se utilizan para la valoración de las capacidades visuales resultantes de la cirugía.

- Otro de los objetivos es hacer un análisis de los efectos y del impacto que provocan las lentes intraoculares.
- El último objetivo consiste en presentar y analizar un caso real particular de una paciente en el que se implanta unilateralmente una lente intraocular. Me resulta de gran interés por la causa de la aparición de la catarata. Con este caso se pretende contrastar la información teórica con la experiencia de la paciente.

Como recurso metodológico para llevar a cabo este trabajo, análisis y valoración se propone la recopilación y búsqueda bibliográfica a través de múltiples artículos, estudios y revisiones.

3. Lentes intraoculares.

Una lente intraocular se define como una lente artificial transparente que sustituye al cristalino en la cirugía de cataratas. Consta de dos partes bien diferenciadas: la zona óptica central que mide entre 5 y 7 mm y las zonas de apoyo que se denominan hápticos. Estas zonas de apoyo han ido evolucionando con el paso de los años, de manera que, hoy en día existen diferentes tipos de zonas de apoyo: puntos de apoyo simultáneo, con efecto muelle o con forma rectangular conocida como “plato” [2].

El diseño de la zona óptica central es la que determina el tipo de LIO y la caracteriza en cuanto a sus prestaciones y funcionalidades.



Figura 2. LIO con zona de apoyo rectangular.

Fuente: <https://drsoler.com/lentes-intraoculares>

3.1 Tipos de lentes intraoculares

Para entrar en contexto y comprender mejor la parte central del trabajo, a continuación, se expondrá un breve resumen de los diversos tipos de lentes intraoculares que existen y se implantan actualmente. Según las necesidades y la situación de cada paciente se establece la LIO más precisa y que mejor solvente dichas necesidades [3].

3.1.1 Lentes monofocales o convencionales

Este tipo de lentes hacen referencia a las lentes tradicionales denominadas lentes intraoculares monofocales. Éstas se caracterizan por presentar un único foco. Este se encuentra en un plano concreto, es decir, a una determinada distancia de enfoque para la cual se calcula previamente la potencia que debe tener la LIO y así, proporcionar y optimizar la calidad y agudeza visual. Habitualmente se calcula para obtener emetropía y en ciertos casos, se decide miopizar ligeramente. Como consecuencia surge la necesidad del uso de gafas para las distancias que no quedan cubiertas por la LIO. Si la lente se calcula para un plano infinito, el implantado necesitará gafas para la visión cercana.

Compensan los defectos refractivos definidos como hipermetropía, miopía y el astigmatismo. Para compensar este último defecto refractivo se utilizan las llamadas lentes monofocales tóricas, no presentan un diseño más complejo que las lentes intraoculares esféricas, sino diferente. Sin embargo, su anclaje en el saco debe ser muy preciso y estable ya que, al estar diseñadas con un eje concreto, si se produce una pequeña rotación de la LIO, la agudeza visual será el primer aspecto que se encontrará afectado por la distorsión y borrosidad.

Se pueden diferenciar dos grupos según la elasticidad de la lente: lente intraocular rígida y lente intraocular flexible.

En la actualidad, las lentes que más se implantan son las del segundo grupo, compuestas por materiales de silicona y acrílicos. Esto es debido a que la incisión que se hace en la superficie de la córnea es considerablemente más pequeña que la que se debe hacer con las lentes rígidas, ya que al ser flexibles pueden ser introducidas plegadas, y una vez en el interior se abren y se adaptan por sí mismas en el saco.

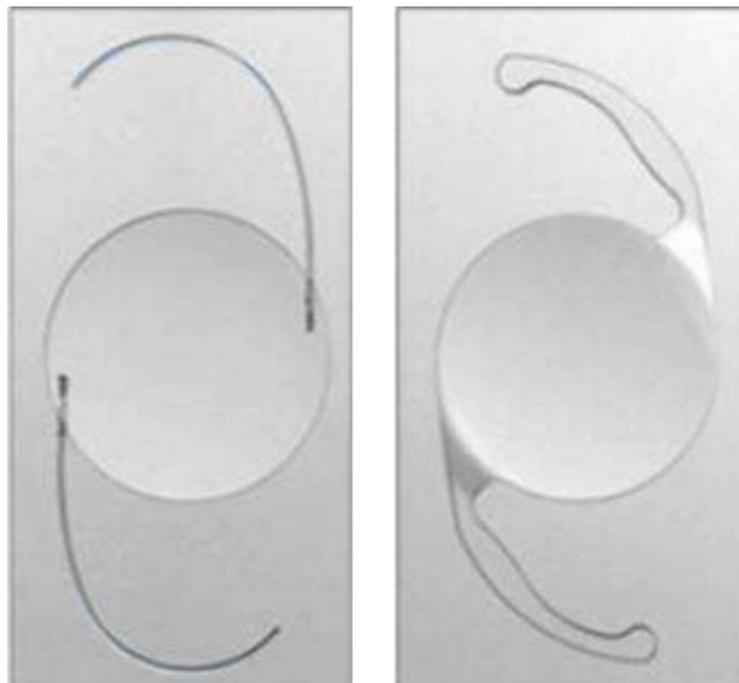


Figura 3. LIO monofocal plegable (izquierda)

Fuente: <http://www.iohoyos.com>

3.1.2 Lentes compensadoras de la presbicia.

Este gran grupo de lentes hace referencia a las lentes bifocales, multifocales y de foco extendido, las cuales ofrecen prestaciones superiores a las convencionales. Existen diferentes técnicas de diseño con sus respectivas finalidades y funcionalidades.

Este tipo de lentes están en continuo desarrollo siendo cada vez más complejas en cuanto a diseño, de hecho, han sido un gran avance permitiendo al paciente disminuir su dependencia del uso de gafas y manteniendo la calidad de la imagen en un rango de distancias determinadas de enfoque, ya que presentan diversos puntos focales. Los diseños multifocales pretenden proporcionar visión nítida para distancias lejanas, como las lentes monofocales, y mejorar la visión para distancias más próximas.

El perfil de población en la que se puede implantar engloba a aquellas personas de cierta edad que además de presentar la catarata, han perdido la capacidad de acomodar y enfocar con su cristalino. A este fenómeno que se manifiesta aproximadamente a partir de los 40 años, se le llama presbicia. Con el implante de la lente multifocal se pretende cubrir y solventar la visión para las distancias cercanas e intermedias. Cabe recordar que, una vez se implanta la LIO la capacidad de acomodar natural que inicialmente tiene el cristalino desaparece.

Respecto al diseño óptico de las LIO multifocales, se puede clasificar en función de diversas propiedades características de cada lente. Una de las características es el mecanismo físico que destaca en su actuación sobre el haz de luz incidente. En relación con este criterio las LIOs multifocales se clasifican en "refractivas" y "difractivas". Otra característica es la focalidad de la lente, etiquetada como EDOF (del inglés, "extended depth of focus" o lentes con foco extendido), bifocal, trifocal, etc. [4]

Las lentes multifocales difractivas se basan en dos principios: el principio de la difracción y de la refracción para formar dos puntos focales independientes, uno en visión lejana y otro en visión cercana. Presentan una superficie refractiva con un índice de refracción determinado, en la que están tallados unos escalones difractivos (figura 4). Para las lentes bifocales, por ejemplo, el efecto se consigue provocando la formación simultánea de un foco de lejos (efecto refractivo de la lente base) y uno de cerca proporcionado por el efecto de los escalones difractivos tallados en la lente [5].

En la actualidad se introduce un nuevo concepto para mejorar la calidad subjetiva de visión del paciente; este consiste en reducir la altura de los escalones difractivos desde el centro a la periferia, provocando así una redistribución energética. Esta tiene por objetivo favorecer la visión de lejos al abrir la pupila (gana importancia en visión nocturna). [6].

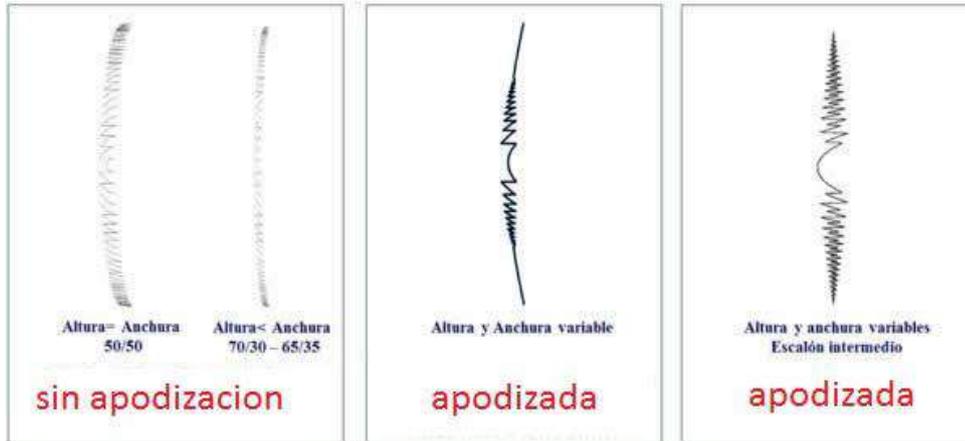


Figura 4. Lente intraocular difractiva, con y sin apodización.

Fuente: <http://areadocente.blogspot.com/2015/11/lentes-intraoculares-difractivas-33.html>



Figura 5. Lente intraocular trifocal

Fuente: <https://medicalmix.com/productos/lentes-intraoculares/lente-multifocal/lente-trifocal-finevision>

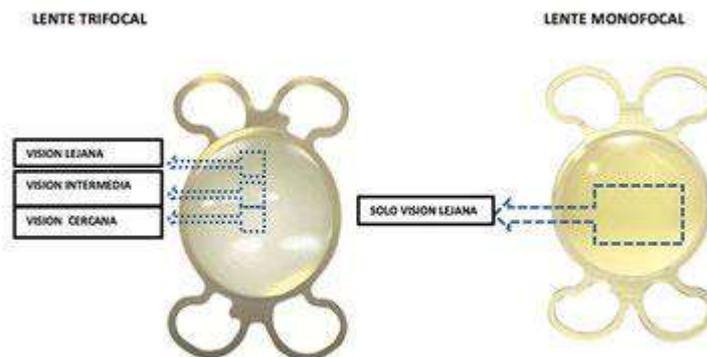


Figura 6. Representación de las 3 distancias en la lente trifocal.

Fuente: <https://www.ofthalmologiacali.com-ofthalmologicas>

3.1.3 Compensación de la aberración esférica.

La aberración esférica positiva (AE) es una aberración de alto orden y hace referencia a que los rayos que pasan próximos al eje óptico, focalizan más lejos que los que pasan por la periferia de la lente (Figura 7). Además, esta aberración depende de la apertura, siendo más severa en aperturas grandes. Como esta aberración depende de dicha apertura, viene condicionada por el tamaño pupilar que, a su vez, varía con la iluminación ambiente. En condiciones de menos iluminación la pupila se dilata y la visión empeora (condiciones nocturnas); en condiciones de mayor iluminación, la pupila se contrae y la visión mejora [7].

Teóricamente, la córnea, de manera natural, presenta una aberración esférica positiva y para compensarla, el cristalino, mientras el ojo es joven y tiene elasticidad, aporta AE negativa, evitando visión borrosa, desenfoque y halos.

Las lentes esféricas añaden más AE positiva a la que ya aporta la córnea empeorando la calidad de imagen.

Para disminuir esta aberración o que no se encuentre afectada, hoy en día se utilizan lentes con diseño esférico que presenta AE nula, es decir, no empeoran la calidad de imagen o AE negativa que compensa la AE positiva.

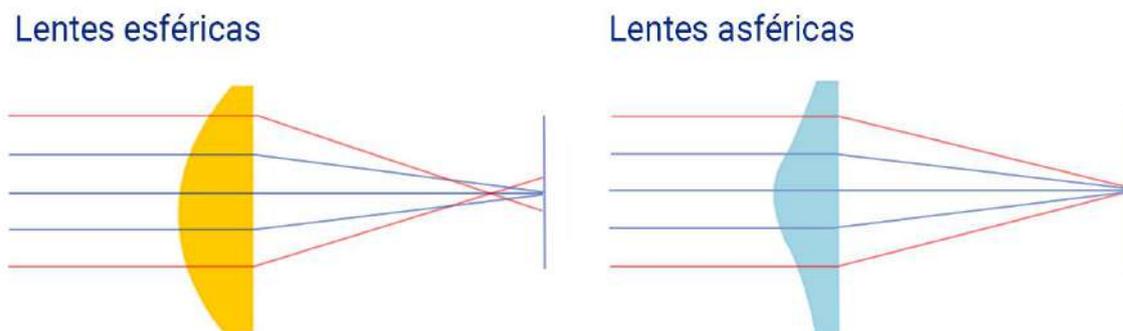


Figura 7. Trazado de rayos que ilustra la aberración esférica positiva producida por una lente esférica (izq.) y su compensación mediante una lente asférica (dcha.)

Fuente: <https://www.lentiamo.es/blog/esfericas-vs-asfericas-lentillas.html>

4. Evaluación clínica de la calidad visual en personas con implante de lente intraocular.

En este apartado se expondrán los métodos de medida y pruebas clínicas para la valoración de los diferentes aspectos visuales que se pueden ver afectados en la intervención, es decir, se valorarán los métodos de medida más habituales que se llevan a cabo de manera previa y posterior al implante de la lente, de forma tanto cualitativa como cuantitativa.

Es muy favorable y ventajoso hacer una valoración y comparación del rendimiento óptico que el paciente obtiene tras el implante de la lente, ya que permite potenciar el desarrollo del diseño de la LIO, perfeccionarlo y enfocar mejor su objetivo y funcionalidad final, para aumentar la satisfacción del paciente y disminuir los impactos negativos que éstas proporcionan sobre las capacidades visuales [8].

La agudeza visual (AV) y la sensibilidad al contraste (SC) son indicadores de la calidad visual, es decir, si la AV o la SC se encuentran disminuidas, la calidad visual también se encontrará reducida.

Además, existen otras complicaciones tras la cirugía, estos son los fenómenos fóticos que también pueden alterar dicha calidad y la satisfacción del paciente. Esto se produce cuando la luz entra en el ojo pseudofáquico y se altera su distribución ideal en la retina mediante varios mecanismos, esto conlleva a la percepción de imágenes defectuosas o imperfectas, imágenes fantasma o sombras. También se incluyen las miodesopsias o disfotopsias, deslumbramiento con luces muy brillantes (figura 8) o halos alrededor de estas (figura 9), que se manifiestan, normalmente tras el implante de la lente intraocular (son aproximadamente 3,5 veces más comunes en las LIO multifocales que en las lentes intraoculares monofocales [9]), cesan en un periodo de tiempo diferente para cada persona según el diseño de la lente intraocular y el grado de adaptación neuronal.



Figura 8: Fenómeno del deslumbramiento con luces directas e intensas

Fuente: <https://afectadoscirugiarefractiva.com/problemas-vision-nocturna-conduccion-tras-cirugia-laser/>



Figura 9: Halos alrededor de luces brillantes

Fuente: <https://www.zeiss.es/vision-care/mejor-vision/entender-la-vision/reognising-vision-problems.html>

4.1 Agudeza visual

Se define la agudeza visual como la capacidad del sistema de visión para percibir, detectar o identificar objetos espaciales con unas condiciones de iluminación buenas. Es, por tanto, un indicador de la función visual.

Se basa en diversos fundamentos:

- Capacidad de determinar un objeto sobre un fondo (mínimo distinguible); hace referencia a la tarea de detección.
- Capacidad de determinar dos puntos o líneas separados (mínimo separable); hace referencia la tarea de resolución.
- Capacidad de distinguir la orientación de un símbolo (mínimo legible de sensación); hace referencia a la tarea de reconocimiento.
- Capacidad de reconocer letras o números (mínimo legible verdadero).

Los test más habituales que se utilizan para la valoración de la AV son el Test de Snellen y el Test de Landolt.

Para la valoración de figuras tridimensionales, se llevan a cabo test de AV estereoscópica [10].

4.2 Sensibilidad al contraste.

Es la capacidad que tiene nuestro sistema visual para diferenciar un objeto del fondo en el que se encuentra. La sensibilidad al contraste es un factor independiente a la AV, ya que una persona puede tener una buena agudeza visual pero reducida sensibilidad al contraste, por tanto, esta última proporciona calidad de visión, mientras que, la AV proporciona cantidad de visión [11].

Diferentes anomalías en las estructuras del globo ocular pueden alterar este factor, como el cristalino en el caso de la catarata.

5. Tipos de test utilizados para la valoración de la calidad visual.

El estudio previo de la calidad visual antes del implante de la LIO posee una gran importancia para la comparación del rendimiento óptico, funcionalidades y resultados visuales de ésta tras su implante.

Existen múltiples optotipos, métodos y test para evaluar el estado de la función visual del paciente, tanto cualitativamente como cuantitativamente y de manera subjetiva y objetiva.

A continuación, se expondrán los métodos y test más utilizados para evaluar el rendimiento ocular antes de la operación y tras ella.

5.1 Exámenes subjetivos: Agudeza visual, sensibilidad al contraste, curvas de desenfoque y cuestionarios para la valoración subjetiva de la calidad visual.

5.1.1 Agudeza Visual.

La medida de la AV es un método subjetivo y cuantitativo de la función visual. Se ha de llevar a cabo en contrastes próximos al 100%, de forma monocular y con la corrección óptica

necesaria y tanto en visión lejana como cercana. En cuanto a la distancia física y la luminancia del test, estos parámetros deben ser fijos y similares a la medición de la AV tras el implante. La escala más utilizada en estudios clínicos grandes y que ofrece resultados más exactos es la escala logarítmica (LogMAR), ya que, además de que está disponible en alto contraste, así como a niveles más bajos, cuenta con una serie de ventajas frente a las demás escalas de optotipos. En esa línea, Jinabhai y coautores [8] precisan que el uso de la escala logarítmica en la medida de la AV proporciona resultados numéricos simples que facilitan los análisis estadísticos de grandes estudios; precisan también que existe una progresión logarítmica regular del tamaño de la línea entre varias líneas, además de reducir el riesgo de acertar al azar correctamente.

El optotipo en escala LogMAR más utilizado para la valoración de la evolución de la AV es el Bailey-Lovie [8] (figura 10).

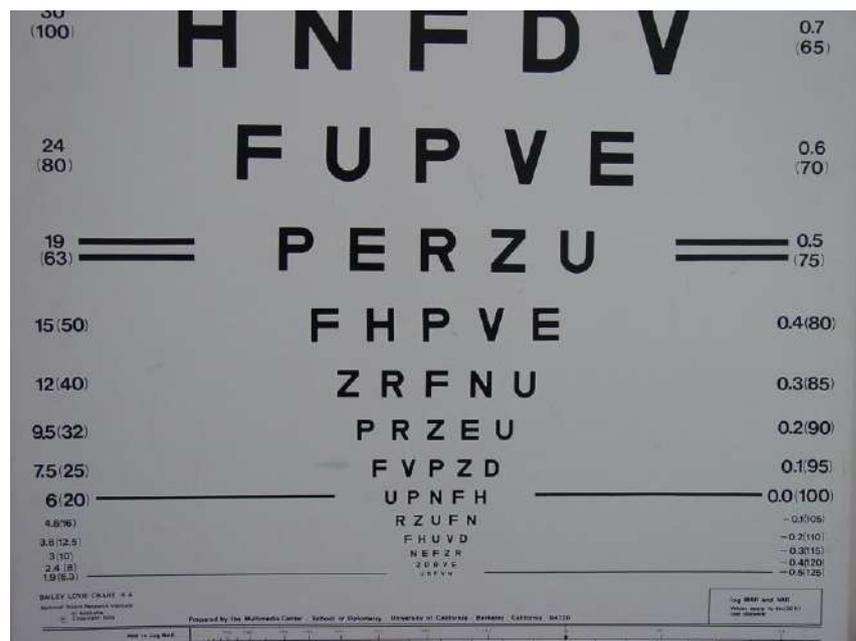


Figura 10. Optotipo Bailey-Lovie 1976 para la medida clínica de la AV. Presentación en escala logarítmica.

Fuente: <https://www.eboptometry.com/content/optometry/ebp-resource-step-4-apply/practitioners-students-teachers/development-and-adoption-visual-acuity-charts-based>

5.1.2 Sensibilidad al contraste.

Otro factor que influye en la función visual como ya se ha mencionado anteriormente es la sensibilidad al contraste. Su evaluación es un método psicofísico que se basa en evaluar el mínimo contraste que ha de tener un objeto para poder ser distinguido del fondo. Según el tamaño del fondo, existen variaciones en la SC y además se procesa a través de diferentes canales, de manera que, al estudiar el contraste correspondiente a diferentes frecuencias espaciales, se obtiene una curva llamada función de sensibilidad al contraste (FSC) (figura 11).

La FSC es más sensible a pequeños cambios en la calidad óptica si la comparamos con la AV, y por eso suele emplearse en el estudio de las LIO, especialmente en el caso de las LIO multifocales. Sin embargo, los estudios que valoran diferencias en la sensibilidad al contraste (SC) en diferentes lentes intraoculares multifocales usan herramientas no estandarizadas para medir la FSC como en el caso del FACT o e CSV-1000, que a continuación se detallan. [12]

En los primeros estudios de lentes intraoculares se utilizó la tabla de Pelli-Robson. Este método presenta una gran limitación ya que todos los optotipos son de la misma frecuencia espacial, de manera que esta tabla permite evaluar solo un pequeño elemento de la función completa de la sensibilidad al contraste.

Recientemente se han empleado en investigaciones métodos como el FACT y el CSV1000E, los cuáles se basan en la elección forzada.

El primero, presenta rejillas de onda sinusoidal de 5 frecuencias en 9 niveles diferentes de contraste. Al ser un método de elección forzada, el paciente ha de informar de la última rejilla de cada fila horizontal que puede distinguir y su orientación. Al final del examen se traza y se forma una curva, llamada función de sensibilidad al contraste. Con este test se puede medir la SC en condiciones mesópicas y fotópicas, y en distancia lejana como cercana.

El CSV-1000E debe utilizarse a una distancia de 2,5m, presenta ondas sinusoidales en frecuencias espaciales de 3, 6, 12 y 18 ciclos/grado en filas, y cada fila presenta 17 circunferencias que contienen rejillas dispuestas en 8 columnas disminuyendo el contraste de izquierda a derecha [8].

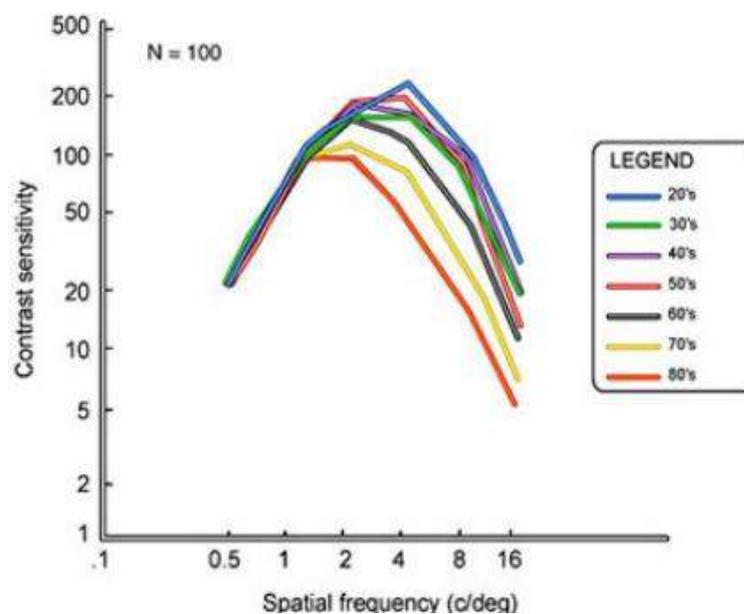


Figura 11. Curvas de sensibilidad al contraste (SC) en función de la frecuencia espacial (ciclos por grado).

La edad va reduciendo la SC en las frecuencias medias y altas: curvas SC para sujetos entre 20 años (color azul marino) y 80 años (color rojo).

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos106/sensibilidad-contraste/sensibilidad-contraste2.shtml>

5.1.3 Curvas de desenfoque.

Otro método subjetivo para evaluar y reportar los resultados visuales obtenidos por la lente intraocular son las curvas de desenfoque. Estos gráficos permiten evaluar la agudeza visual a diferentes distancias. Se inducen diferentes niveles de desenfoque mediante lentes esféricas de prueba, de manera que, modificando las vergencias, se simulan diferentes planos de enfoque mientras el paciente mira el test situado a una distancia lejana.

Se obtiene de la siguiente manera:

Primero se hace la compensación de la refracción del paciente, con la que se consigue la AV para la mejor corrección de lejos.

Se van añadiendo lentes esféricas con sus rangos de vergencia en pasos de 0.50D habitualmente, o para suavizar la curva, se pueden añadir en pasos de 0.25D.

Cabe remarcar que, las tres distancias de visión (lejos, intermedia y cerca) son clave en todas las curvas de desenfoque, aunque haya múltiples y variadas formas de examinar y realizar el gráfico, ya que se puede realizar de forma monocular o binocular, y se pueden añadir las lentes, como ya se ha mencionado, en cuartos de dioptría, de media en media dioptría o incluso, en pasos de 0.75D, y desde rangos cóncavos (lentes negativas) a rangos convexos (lentes positivas). Estas tres distancias son la más utilizadas por la visión del paciente en la vida real, de manera que, al examinar sus correspondientes agudezas visuales caracterizan el recorrido de la curva de desenfoque y, por tanto, se obtiene el rendimiento visual.

Para continuar con el procedimiento, se antepone una lente, se anota la AV a la que llega con dicha vergencia y así consecutivamente hasta obtener el gráfico con las vergencias deseadas.

Para el gráfico, en el eje de abscisas se sitúa las vergencias negativas y positivas, es decir, la potencia de la lente esférica, la cual inducirá una distancia concreta, y en el eje de ordenadas, se sitúa la capacidad visual del examinado (AV). La unidad con la que se anota puede variar, en la mayoría de publicaciones científicas de gran impacto emplean la notación LogMAR, pero también se pueden encontrar con notación decimal como en la figura 12.

Son una gran herramienta para examinar la calidad visual de manera subjetiva del paciente a diferentes distancias una vez implantado, ya que aportan mucha información útil de forma sencilla y se puede realizar el procedimiento sin la necesidad de grandes recursos, ya que lo que se necesita es un optotipo proyectado y un foróptero.

En cuanto a la evaluación de la AV tras la operación, esta herramienta es muy útil para conocer el estado de la función visual del paciente una vez ha sido restaurada con el implante intraocular. Además, con la información extraída se pueden hacer comparaciones con la información previa del diseño de la lente y la que proporciona el banco óptico (in vitro). Pueden ser analizadas (como ya se está haciendo en estudios) para extraer las diferencias y realizar comparaciones entre la técnica in vitro e in vivo y así, seguir innovando y potenciando los diseños y tecnología de las lentes intraoculares.

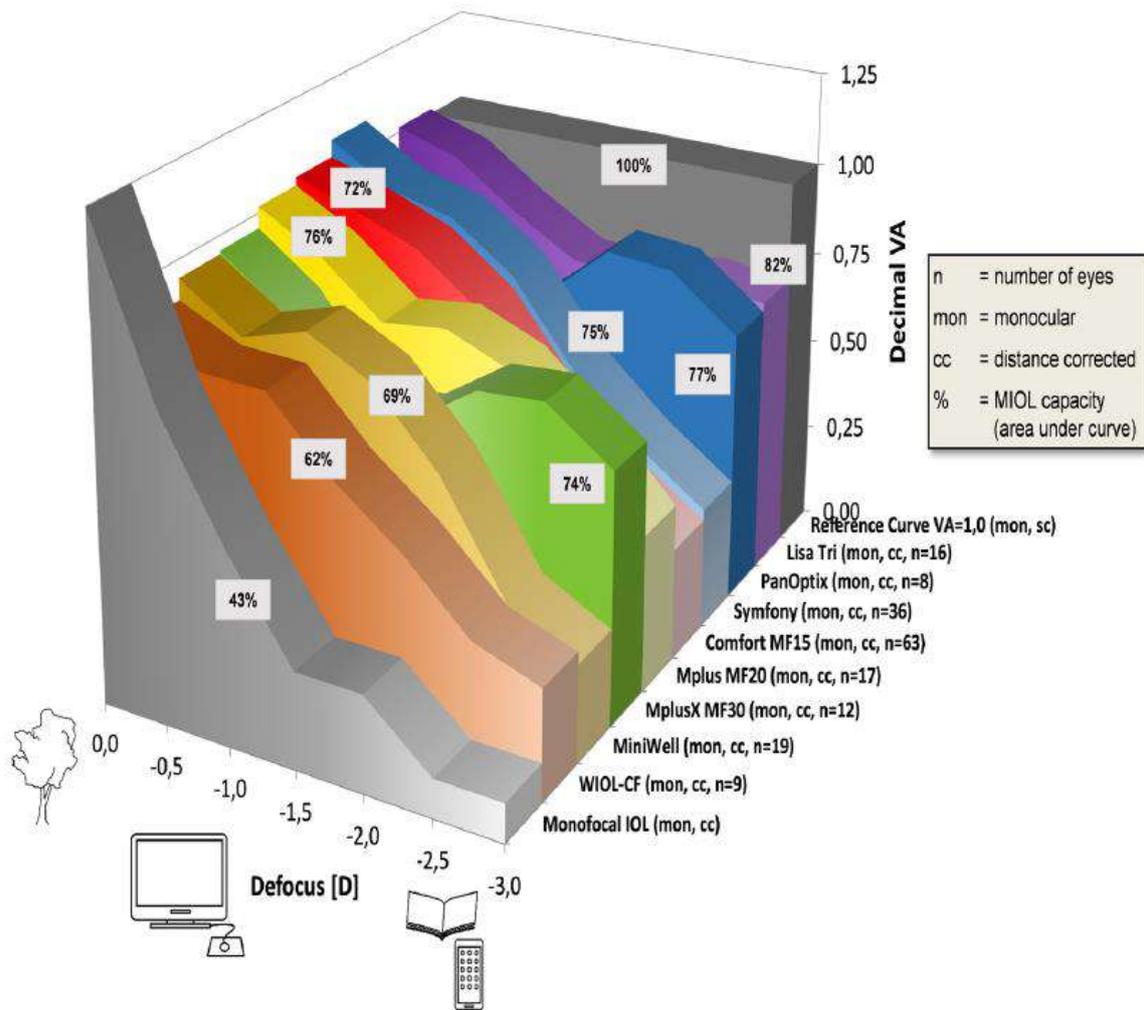


Figura 12. Curvas de desenfoque para varias LIO multifocales y EDOF, con corrección monocular

Fuente: Artículo publicado [4]

5.1.4 Cuestionarios subjetivos para la valoración de la calidad visual y satisfacción del paciente.

Los resultados visuales, la calidad de imagen y el grado de satisfacción del paciente tras el implante de la LIO es una parte de gran importancia en la operación de catarata y su proceso ya que estos factores son influyentes de la calidad de vida y además ayudan, como ya se ha comentado anteriormente, a la mejora y perfeccionamiento de las lentes intraoculares para próximas investigaciones.

Para su valoración existen diferentes cuestionarios para obtener el grado de satisfacción y una aproximación del resultado visual y de su percepción por parte del paciente. Debido al incremento de las cirugías de catarata y el perfeccionamiento de las técnicas quirúrgicas, el empleo de cuestionarios ha ido cobrando importancia, y cada vez más, en relación a la salud visual. De esta forma se comprueba el resultado postoperatorio de los pacientes relacionados con la función visual y la calidad de vida [13].

Se encuentran unos 31 cuestionarios que van acorde con este parámetro. Los más frecuentes y que más se utilizan por los oftalmólogos son los siguientes:

- El test QoV (Quality of vision) [14]: se pretende valorar los fenómenos más comunes que puede empeorar la calidad de visión del paciente; consta de 30 ítems que evalúan 10 síntomas comunes que distorsionan la imagen luminosa. Tiene una alta correlación entre la puntuación del test QoV y la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y las aberraciones totales, por lo que se considera una medida fiable y válida [13]. (Ver punto 1 del apartado de anexos).
- El VF-14 es uno de los test más empleados en oftalmología. Valora 5 dimensiones: visión de lejos, de cerca, precisión y claridad visual, conducción nocturna y conducción diurna, a través de 14 actividades visuales. Fue creado para medir el deterioro funcional de la catarata y evaluar la satisfacción después de haber realizado la cirugía. Consta de 22 ítems, de los cuales 10 evalúan la actividad que sí se puede realizar de manera monocular y 12 actividades que se considera se puede realizar mejor de manera binocular. [13].
- El test VFQ-25 (Visual Function Questionnaire) proviene de un cuestionario más amplio: el NEI-VFQ (National Eye Institute Vision Function Questionnaire), que determina el impacto de las patologías oculares en la calidad de vida. En él se pueden distinguir diferentes dimensiones como son: la valoración de la visión global, visión cercana, visión lejana, limitación en la función social, limitaciones en la función laboral, dependencia, salud mental, conducción, limitación en la visión periférica, visión cromática y dolor ocular. En este test la escala de valores consta de valor 0 hasta valor 100 [13].

5.2 Exámenes objetivos: retinoscopia y autorrefractómetro

El retinoscopio y el autorrefractómetro son dos elementos con los que se puede extraer información sobre el estado refractivo del ojo del paciente de manera objetiva, no depende de la respuesta del sujeto. El primero permite averiguar tanto el eje del astigmatismo como su potencia y, sin embargo, es menos fiable en el cálculo de la potencia esférica que se refina en la técnica del subjetivo.

Con la retinoscopia también se puede observar la opacidad de medios o la pérdida de transparencia del cristalino y esto puede causar error en la refracción objetiva.

Se dan posibles indicios de la catarata cuando se observa una luz muy tenue reflejada en la retina o no se observa definido o bien marcado el movimiento, debido a que el haz de luz ha de atravesar primero el medio opacificado impidiendo el paso de este a la retina. En este caso, se ha de acudir a otro recurso como la técnica del subjetivo o el autorrefractómetro.

Respecto al autorrefractómetro, es un aparato que proporciona automáticamente y de manera aproximada el estado refractivo del ojo que se debe afinar en la técnica del subjetivo.

De estos dos elementos, el que más información útil nos puede ofrecer tanto del estado refractivo como otros factores, por ejemplo, la opacificación del cristalino, es el retinoscopio, aunque el autorrefractómetro nos da la refracción de manera más rápida, pero este tiende a sobreestimar la miopía y a subestimar la hipermetropía.

Por lo que respecta al examen visual tras la operación e implante de la LIO, la técnica de la retinoscopia da resultados más exactos ya que se neutralizan los dos meridianos separadamente y se puede evaluar al paciente independientemente de sus condiciones visuales. También es útil, como ya se ha mencionado, para observar opacidades existentes, en este caso sobre la lente intraocular que, normalmente, corresponden a la precipitación de células sobre la parte posterior de la LIO y causan visión borrosa. Esto se solventa con una capsulotomía, que es la extracción de las mismas mediante láser.

6. Consideraciones preoperatorias para la selección de la lente óptima.

La cirugía de cataratas es una operación muy personalizada en la que se selecciona aquella lente intraocular que mejor se adapte a las necesidades de cada individuo, ya que se tiene en cuenta tanto, las características específicas objetivas de cada paciente como sus consideraciones subjetivas y objetivos visuales.

La lente ideal para cada paciente es aquella que, debido a las condiciones y situación en la que se encuentra el individuo, optimiza su visión y disminuye los impactos negativos en su calidad una vez es establecida. Para su selección se realiza una evaluación objetiva, completa y específica del paciente.

Esta valoración está enfocada a la historia ocular en la que se abarcan muchísimos factores y estructuras oculares.

Se incluye: las características físicas oculares, la cantidad de astigmatismo corneal analizado por Pentacam o por OCT, la aberración esférica positiva, la salud de la superficie ocular (descartando opacidades e irregularidades de la córnea) y la existencia de alguna comorbilidad ocular.

También se deben tratar y solventar de manera proactiva los problemas y anomalías que pueden ocasionar complicaciones tras la cirugía como, por ejemplo, la condición de ojo seco, el pterigión o la distrofia de la membrana epitelial, entre otras.

Incluso, se tiene en cuenta si el paciente se ha sometido anteriormente a una cirugía refractiva como el LASIK, y si presenta características patológicas oculares como el glaucoma o la DMAE, es decir, se debe evaluar la función macular, ya que este tipo de patologías dan lugar a una disminución del contraste.

Asimismo, como ya se ha mencionado, se tiene en cuenta las consideraciones subjetivas del individuo (objetivos visuales, estilo de vida, personalidad, etc.) para cumplir o, incluso, superar las altas expectativas que presentan.

Todas estas condiciones llevarán a la selección personalizada de la lente óptima e ideal. Por el contrario, si se desprecia algún factor, anomalía o patología, este hecho puede conducir a errores o variaciones en el cálculo de la potencia de la LIO. Incluso, tras el implante, puede dar lugar a mayores complicaciones que pueden disminuir la visión.

Por ejemplo, la enfermedad de ojo seco, se analiza mejor antes de la cirugía y se puede manejar mejor las expectativas del implantado, tras la cirugía se considerará más una complicación. [3]

Por ello la evaluación antes de la cirugía debe ser completa examinando todo el globo ocular de manera detenida, para poder tratar las posibles complicaciones que puedan existir tras el implante y para seleccionar la mejor lente intraocular para el paciente.

7. Análisis de la calidad visual en función del diseño de las lentes intraoculares.

La calidad visual resultante tras el implante de una LIO (técnica in vivo) tiene grandes variaciones entre pacientes en función del tipo de LIO establecida, su diseño, el residual refractivo postoperatorio, la estructura ocular y otras posibles patologías existentes.

Existe una forma objetiva de evaluar la calidad óptica de las lentes intraoculares mediante dispositivos alineados en banco óptico (técnica in vitro) (figura 13). Estas técnicas permiten analizar tanto su funcionalidad como los impactos positivos y negativos que pueden ocasionar al paciente. Esta técnica se lleva a cabo mediante materiales artificiales, es decir, se analizan los parámetros a través de un ojo artificial, que cuenta con una cornea artificial y un líquido que simula el humor vítreo.

No obstante, se dan variaciones sobre los resultados ópticos obtenidos. Esto es porque existen variaciones biológicas entre la técnica in vitro y la técnica in vivo por los parámetros oculares, es decir, en el banco óptico no se tiene en cuenta, por ejemplo, la profundidad de la cámara anterior del globo ocular ni la longitud axial ni la superficie corneal. [8]

En esta línea, apelando a un estudio llevado a cabo por F. Vega y coautores [15], se determina la distribución de energía entre imágenes lejanas y cercanas con lentes intraoculares multifocales difractivas de diseño esférico y esférico en el banco óptico. Este estudio se lleva a cabo mediante la técnica in vitro. Primero se calcula de forma teórica la distribución de energía, teniendo en cuenta la influencia del perfil difractivo apodizado de la LIO. Estos resultados se comparan con la información reportada en trabajos de investigación apoyados por el fabricante. A continuación, se determina de manera experimental la distribución de energía mediante el análisis de las imágenes de cerca y de lejos obtenidas con la LIO insertada en un ojo artificial. Este ojo simulador tiene una córnea artificial que proporciona una aberración esférica positiva realista en la lente, que es similar a los valores encontrados en córneas humanas.

En cuanto a los resultados obtenidos, se determina que, para las pupilas grandes, la eficiencia energética de la imagen lejana se ve fuertemente afectada por el nivel de aberración esférica, aunque las lentes esféricas funcionan ligeramente mejor que aquellas con un diseño esférico. Para las pupilas pequeñas, no hay diferencias entre las LIO esféricas y esféricas.

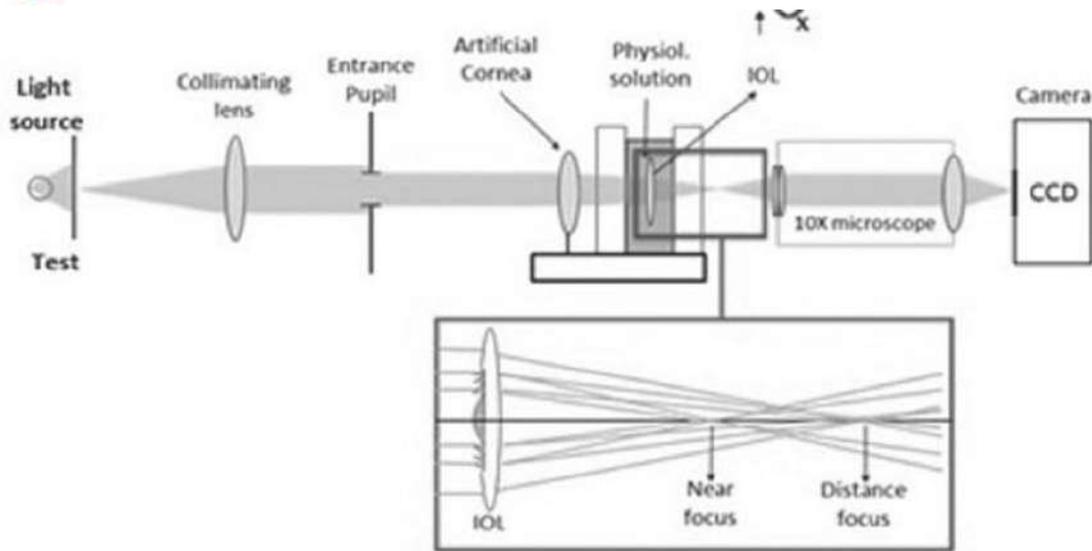


Figura 13. Representación del banco óptico (técnica in vitro)

Fuente: Artículo publicado [15].

Dicho esto, se procede a analizar los efectos e impactos que provocan las lentes intraoculares según sus diseños una vez han sido implantadas.

Haciendo referencia al estudio recogido en la tesis doctoral de Gil Arnal, J. M. A. [16] se ha extraído una comparación entre diversos tipos de lentes multifocales.

En dicho estudio se incluyeron 6 tipos de LIO multifocal: cuatro lentes bifocales con adiciones diferentes, una lente de foco extendido o EDOF, una trifocal y una monofocal para la comparación con las estudiadas.

Por una parte, se recogerá la manera de como Gil Arnal ha llevado a cabo la medida de cada uno de los parámetros y las condiciones en las que las realizó; y por otra, los resultados obtenidos.

Se adjuntan las características principales de cada una de las lentes intraoculares analizadas (Tabla 1).

Lente intraocular	Fabricante	Potencia de adición (D)	Diseño óptico
Tecnis®Symfony® ZXR00®	Johnson & Johnson vision	~1,73 D	Bifocal difractiva
Acrysoft® ResTOR®SV25T0	Alcon®	+2,50 D	Bifocal, superficie anterior esférica difractiva y periferia refractiva
Tecnis®ZKB00®	Johnson & Johnson vision®	+2,75 D	Bifocal, superficie anterior esférica y posterior difractiva
Tecnis®ZLB00®		+3,25 D	

AT LISA®809M®	Carl Zeiss®	+3,75 D	Bifocal, asférica difractiva
AT LISA®839Tri®		~3,33 D	Trifocal, superficie anterior difractiva
Tecnis®ZA9003®	Johnson & Johnson vision®	-	Monofocal esférica

Tabla 1. Características de las LIO analizadas.

En relación con el primer factor que influye en la calidad visual, la agudeza visual, en **visión lejana**, se realizó a 4 metros con un test en escala logarítmica (ETDRS) con contraste del 100% y en condiciones fotópicas (85cd/m^2). Este test consiste en diferentes líneas con letras aleatorias y con una disminución progresiva del tamaño de éstas en cada línea (figura 14 A). Por otra parte, la **visión próxima e intermedia** se midió a 40cm y 60cm, respectivamente. Se utilizó un test del Departamento de Trabajo de la Generalitat de Catalunya con un contraste también del 100%. Este test, a diferencia de los anteriores, está en escala decimal y consiste en una E de Snellen dispuesta en diferentes posiciones: arriba, abajo, hacia la derecha y hacia la izquierda.

Respecto a la sensibilidad al contraste, para examinar este parámetro en **visión lejana**, se empleó el test CSV-1000 (figura 14 B) a 2,7 metros. Este optotipo presenta gran fiabilidad. Consiste en redes sinusoidales con 4 frecuencias espaciales (3, 6, 8 y 12 ciclos/grado). En cada frecuencia espacial hay dos filas con 8 columnas de figuras circulares, una de cada par presenta las redes y el contraste va decreciendo conforme se avanza de izquierda a derecha. Se basa en la elección forzada entre dos alternativas, el paciente ha de elegir qué figura contiene las redes para cada frecuencia.

Para la **visión próxima**, se utilizó el test VCTS-6000 en condiciones fotópicas (120cd/m^2); este consiste en 5 filas de redes sinusoidales y cada una de éstas corresponde a una frecuencia espacial de 1,5, 3, 6, 12 y 18 ciclos/grado. En cada una de estas filas existen 8 figuras en las que el contraste va disminuyendo también de izquierda a derecha. El examinado ha de elegir entre 4 opciones: redes en sentido vertical, redes inclinadas 15° hacia la derecha, redes 15° inclinadas hacia la izquierda o no se observan redes.

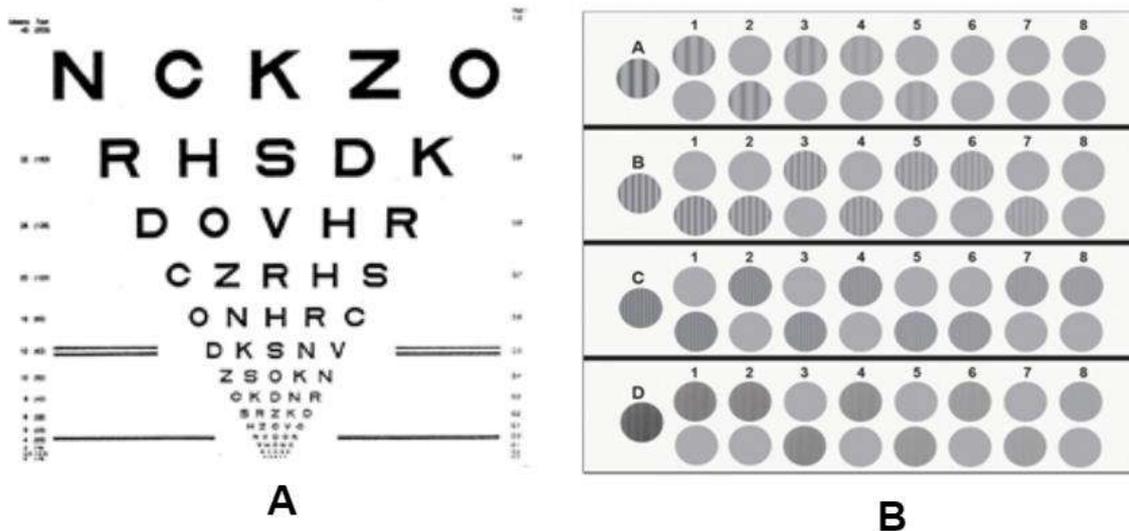


Figura 14. A) Optotipo ETDRS para la AV en visión lejana.

Fuente: <http://www.optometriapps.xyz/2013/03/agudeza-visual-y-optotipos.html>

B) Test CSV-1000 para la medida de la sensibilidad al contraste en visión lejana.

Fuente: <https://www.eyesfirst.eu/csv-1000-e-kontrasttafeltest.html?store=en>

Resultados que se obtuvieron tras 6 meses del implante de la LIO:

Agudeza visual:

- En visión lejana, se obtiene una buena AV con todas las LIO. Cabe destacar que, la lente Symphony ZXR00 -Lente bifocal difractiva- proporciona una mejor AV que las demás.
- En visión intermedia (60cm) la lente Symphony también destaca por proporcionar una AV estadísticamente mejor. Aunque las lentes difractivas bifocales ZKB00 y ZLB00 y la AT LISA Tri 839MP con diseño trifocal también proporcionan a esta distancia buena AV.

Además, el grupo implantado con la LIO Symphony, obtiene un rango de visión nítida bastante amplia, desde visión intermedia hasta visión lejana, sin disminuir la AV.

- Para la visión próxima, las lentes intraoculares con adición media-alta como la AT LISA bifocal, proporcionan mejores resultados que las de baja adición. Por contra, la Symphony proporciona un bajo rendimiento a esta distancia.

Sensibilidad al contraste:

- En visión lejana, este factor se encuentra muy afectado en todas las lentes multifocales. La lente monofocal proporciona mejores resultados para todas las frecuencias espaciales y bajo todas las condiciones de iluminación. Sin embargo, con la lente Symphony, la SC se encuentra menos disminuida que con las demás lentes examinadas. Además, esta lente también ofrece mayor rendimiento visual en visión próxima y en condiciones de baja iluminación.

Fenómenos fóticos:

- La lente monofocal en este caso, causa menos descontento entre los pacientes respecto a los halos y al deslumbramiento. Los pacientes implantados con lentes monofocales son los que son los que menos quejas de fenómenos fóticos manifiestan.
- Pacientes implantados con lentes de baja adición refieren menos cantidad de halos. Por el contrario, pacientes implantados con lentes con diseño trifocal como AT LISA trifocal muestran más descontento ya que, estos fenómenos se encuentran más intensificados.

El estudio llevado a cabo por Gil Arnal concluye que, de las LIO multifocales estudiadas, la lente Symphony es la que proporciona mejores resultados visuales y mayor rendimiento que las demás, en cuanto a la AV excepto en visión cercana, en cuanto a la SC y a los fenómenos fóticos.

En cuanto a la calidad de vida derivada de la calidad visual, se obtiene que la lente monofocal presenta mejor puntuación y con diferencia estadística en cuanto a los factores que influyen. Esto es debido al simple diseño de la lente. La visión de los pacientes implantados con lentes multifocales se encuentra afectada y dificultada debido a sus diseños más complejos. Como ya se ha mencionado anteriormente estos diseños ofrecen más prestaciones que las convencionales y cubren más distancias con visión nítida y las necesidades actuales.

Haciendo referencia a otro estudio [17] en el que se analizó el impacto en la calidad visual relacionado con halos causados por la LIO, se estudiaron las siguientes lentes: 3 bifocales TECNIS® con poderes de adición de +4,00 D, +3,25 D y +2,75 D y 2 trifocales AT LISA tri y Fine Vision®. Excepto esta última, las demás coinciden con el estudio anterior.

El examen se llevó a cabo de manera objetiva, es decir en el banco óptico y de manera subjetiva, en pacientes implantados bilateralmente con cada una de las lentes mencionadas. Respecto a los resultados subjetivos con 1 mes tras el implante, el análisis reveló que el tamaño y la cantidad de los halos aumentaba conforme aumentaba la potencia de la adición, es decir, los individuos implantados con LIO bifocal de baja adición, manifestaban mayor satisfacción que el grupo implantado con alta adición, conclusión coincidente con el primer estudio.

Por el contrario, los individuos implantados con lentes intraoculares trifocales indicaron menos descontento y menores quejas relacionadas con los halos asociados a la lente que aquellos implantados con lentes bifocales. Esta conclusión discrepa con el estudio anterior.

Apelando a otro estudio [18] en el que participaron 122 pacientes con cataratas bilaterales, se analiza la función visual tras el implante con una LIO monofocal y una multifocal (TECNIS® ZCB00 y TECNIS® ZMB00, respectivamente) después de 3 meses de la cirugía. Se incluyó la agudeza visual y la sensibilidad al contraste.

La AV se midió en escala LogMAR con el optotipo ETDRS (figura 14 A), incluyendo las tres distancias: lejana (a 6m), intermedia (a 63cm) y cercana (a 33cm). Cabe recordar que es muy importante fijar las distancias intermedias y próximas para los estudios en los que se evalúan lentes multifocales.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Para la visión lejana, la mejor calidad óptica y visual se obtiene con la lente intraocular monofocal.

En cuanto a la distancia intermedia, el grupo implantado con lente monofocal presentaban peor calidad de visión que el grupo implantado con lente multifocal.

Para la visión cercana, ocurre lo mismo que para la visión intermedia. Los resultados alcanzados de AV fueron considerablemente mejores en el grupo implantado con lente multifocal. La lente ZMB00 mejora la función visual cercana. Esto se correlaciona con la calidad óptica de la lente, acorde con su diseño bifocal (ZMB00).

Para la SC, se midió en 4 frecuencias: 3, 6, 12, 18 c/g, en condiciones fotópicas y mesópicas con el optotipo CSV-1000. Además, también se empleó el test de Pelli-Robson, que solo evalúa una frecuencia espacial, en condiciones fotópicas.

En cuanto los resultados obtenidos, se precisa que, realmente no existen diferencias clínicamente significativas entre la lente monofocal y la multifocal, sino que la SC es similar con ambas lentes. Solo se encuentra una SC ligeramente mayor en el grupo implantado con LIO monofocal con el test de Pelli-Robson y con el test CSV-1000 concretamente en frecuencias bajas (3c/g).

También es de gran interés comentar los efectos provocados por una lente convencional-esférica y una lente esférica, ambas monofocales, en la calidad de visión del paciente. Esto enlaza y va relacionado con el siguiente apartado, siendo el punto personal del trabajo.

Para esto, se hace referencia a un artículo publicado [19] en el que se estudian 30 ojos de 15 pacientes. En un ojo se implanta una lente con diseño esférico, concretamente el modelo SN60AT y, en el ojo contralateral se establece la lente con diseño esférico, modelo SN60WF. Ambos de la casa Alcon® y los dos modelos presentan el filtro para la protección de la luz azul (IMPRUV®), lo que les proporciona una mejoría en la sensibilidad al contraste comparado con las lentes que son transparentes. Cabe remarcar que, los pacientes sometidos desconocen las características ópticas de cada lente.

Se concluye de manera global que, los ojos implantados con la lente esférica presentan mejor calidad de visión en todos los campos.

En cuanto a las aberraciones ópticas de alto orden, las lentes intraoculares esféricas provocan efectos significativamente menores, esto se sostiene ya que, en el 90% de los casos, la LIO esférica compensa adecuadamente la aberración corneal imitando de manera eficaz el funcionamiento del cristalino joven.

Por lo que se refiere a la sensibilidad al contraste, este factor es significativamente más alto en todas las frecuencias espaciales (especialmente en las frecuencias altas, que corresponden a los detalles) también con el diseño esférico comparado con la LIO convencional (figura 15).

Para la agudeza visual, no se encuentran diferencias significativas entre ambos modelos. Sin embargo, la calidad de visión subjetiva es altamente más preferida en el ojo con LIO esférica, los pacientes refieren una "peor visión" con el ojo implantado con la lente convencional.

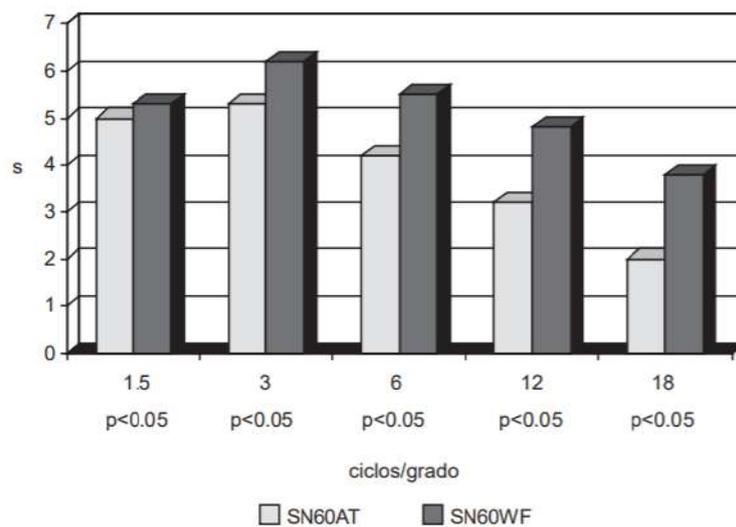


Figura 15. Gráfica sensibilidad al contraste.

Fuente: Artículo publicado [19]

8. Caso real: paciente con implante de lente intraocular por catarata causada por una miopía magna.

Características preoperatorias.

Mujer de 52 años de edad, sin ningún precedente familiar hereditario ni condicionante y con la siguiente historia ocular: ojo derecho con estrabismo, el cual fue operado por primera vez a los 8 años y por segunda vez a los 22, quedando una fijación excéntrica con visión binocular doble. En este mismo ojo aparece una miopía que va aumentando progresivamente sin detenerse ni interrumpirse, llegando a una miopía magna. Sin embargo, el ojo contralateral izquierdo era y es emétrope. Para poder cubrir las necesidades del ojo derecho y así, solventar la visión borrosa y la baja agudeza visual provocada por dicha miopía, la paciente optó por el uso de lentes de contacto. Tras un uso prolongado, surgieron molestias por sequedad ocular.

Cabe destacar la diferencia de graduación entre ambos ojos, una anisometría muy elevada. A la edad de los 45 años se le detectó una catarata unilateral en el ojo derecho junto con la elevada miopía que presentaba, cuya refracción entonces era de -12.50D. Ésta avanzó tan rápidamente disminuyendo la AV bruscamente, que a los 47 años tuvo que ser intervenida. Cabe mencionar que, a pesar de la elevada ametropía, la presión intraocular siempre se ha encontrado entre los valores de normalidad.

Características de la lente implantada.

Tras la extracción del cristalino, el implante de la LIO fue una monofocal esférica de la casa Alcon® y modelo ACRYSOF IQ ASPHERIC SN60WF con una compensación refractiva de +8.50D. Se decidió implantar una lente monofocal, debido a las circunstancias poco frecuentes en las que se encontraba. Causas importantes:

Por una parte, al implantar cualquier lente de manera unilateral, la acomodación se encuentra perjudicada, ya que con la lente natural del ojo se puede seguir acomodando (teniendo en

cuenta que la capacidad de acomodación está relacionada con la edad y va disminuyendo con el paso del tiempo) y con el ojo implantado se pierde completamente esta capacidad de acomodar.

Por otra parte, si se hubiera optado por implantar una LIO multifocal, esta hubiera complicado mucho tanto su adaptación neuronal, como su visión.

Y, por último, dado que en las lentes multifocales la energía se reparte en varias imágenes, la SC se encuentra deteriorada, las imágenes no se encuentran bien definidas, de manera que, al presentar un ojo tan debilitado con una retina tan delgada y alargada (imagen 16 y 17), lo que se pretende es no perjudicar más la calidad de visión de la paciente, es decir, que la imagen sea la mejor posible, consiguiéndose con una lente más simple como es la monofocal esférica. Este tipo de lentes están documentadas por ser las que forman imágenes con mayor contraste.

Evolución postoperatoria y consideraciones finales

Respecto a los efectos negativos que han provocado en su visión, la paciente refiere que presentaba inmediatamente deslumbramiento con luces muy intensas y directas. Las molestias por sequedad ocular que ya presentaba por el uso de LC, se incrementó tras la intervención. También percibía gran cantidad de halos alrededor de luces muy brillantes y la presencia de moscas volantes. Excepto esto último, que a día de hoy sigue percibiendo, los demás síntomas han cesado.

Al cabo de 2 años del implante se produjo la opacificación de la pared posterior del saco capsular donde la LIO se aloja y por esto, se le realizó una capsulotomía (extracción de la capa de células depositadas que se forma en la parte posterior de la LIO, la cual ocasiona visión borrosa). Esta capsulotomía estaba ligada a un riesgo implícito respecto a la retina, ya que al ser tan delgada y estar estirada anatómicamente, es preferible intervenir los menos posible en la estructura ocular.

A día de hoy, la paciente presenta una AV de 0.6 en el ojo implantado, y un residual refractivo de -0,75D.

Para concluir, no es habitual encontrar casos como este, ya que normalmente se implantan las lentes en ambos ojos, aunque haya un intervalo de tiempo entre cada intervención, según como vaya avanzando la catarata.

Otro caso en el que solo aparezca catarata en un ojo, es el caso de la catarata traumática, que son causadas por accidentes y lesiones traumáticas.

Además, con este caso observamos que, la catarata puede aparecer por múltiples factores y cada uno de estos puede influir y condicionar de manera distinta en ella. Algunos con más influencia que otros pueden tener gran repercusión en el cristalino y hacer avanzar la catarata a gran velocidad y como consecuencia, disminuir la AV repentinamente.

En el apartado 2 de anexos se encuentran más imágenes con sus respectivos comentarios.

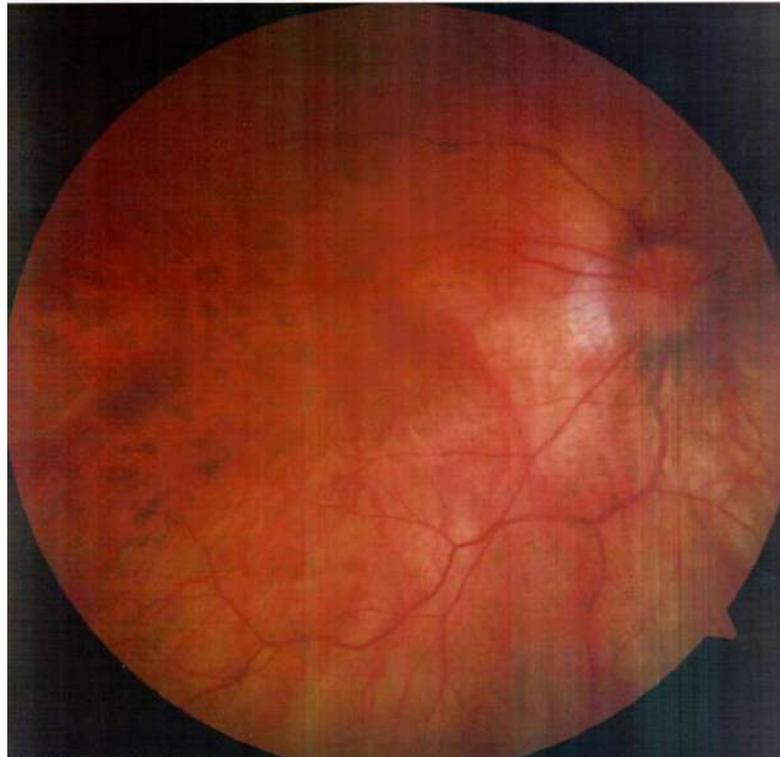


Imagen 16. Retinografía OD con observación de retina estirada y con poca pigmentación

Fuente: Imagen cedida por la paciente.

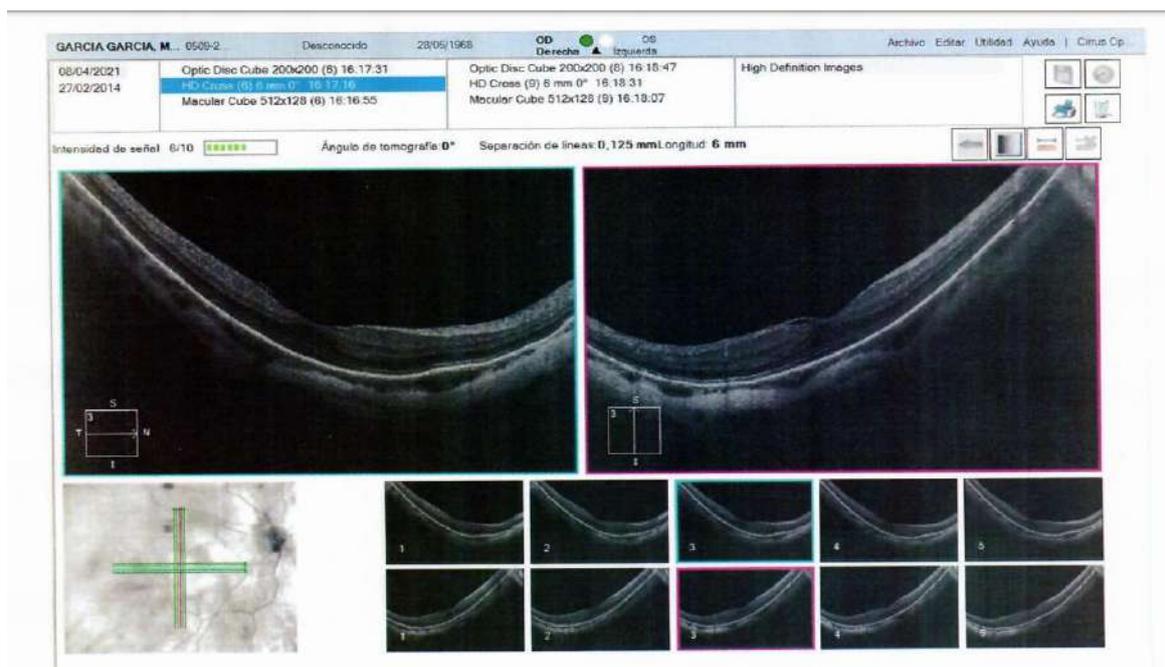


Imagen 17. Tomografía de coherencia óptica OD

Fuente: imagen cedida por la paciente

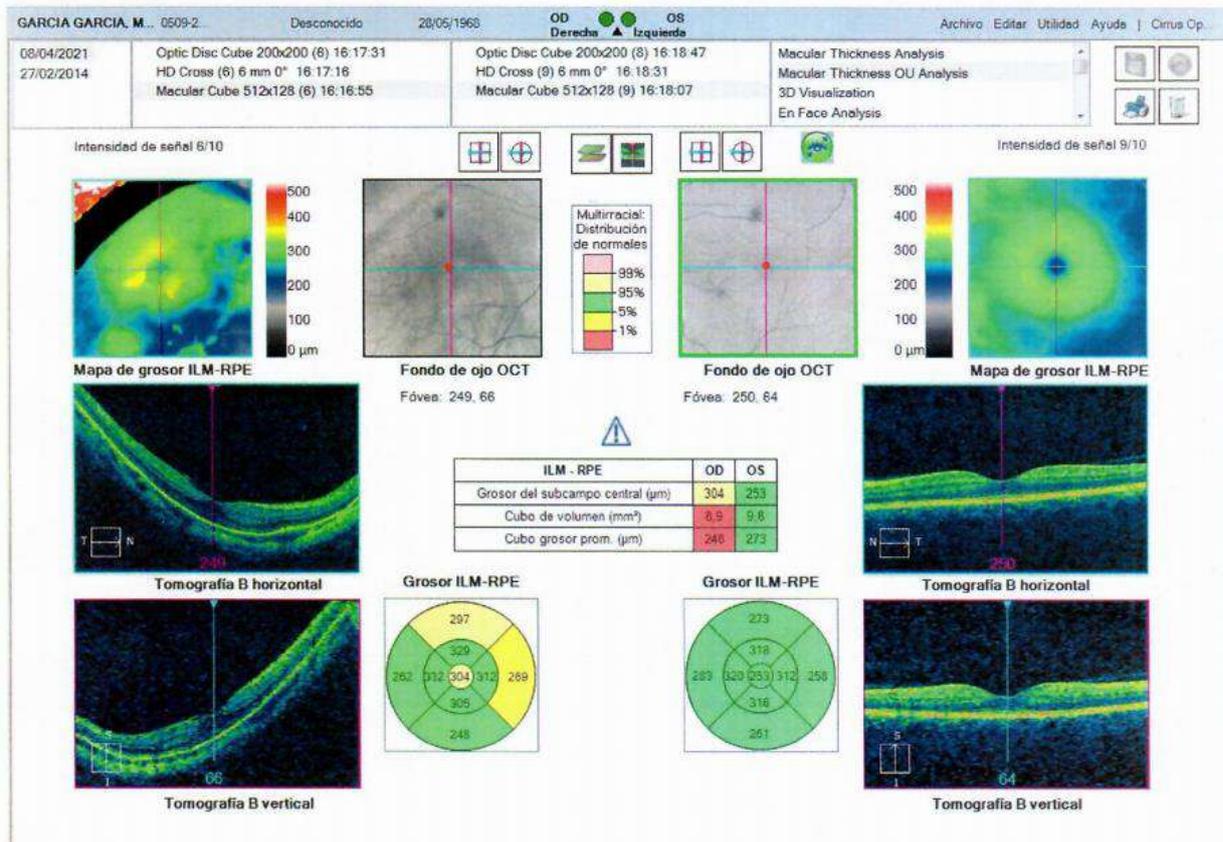


Imagen 18: Tomografía del OD y OI. Comparación retinas contralaterales
Fuente: Imagen cedida por la paciente.

9. Conclusiones.

Es muy útil y fundamental la evaluación de la función visual tras el implante de la lente intraocular, así como conocer el rendimiento óptico y el grado de satisfacción del paciente. También es de gran importancia complementar la información proporcionada por el banco óptico a través de un ojo artificial y la información extraída mediante los métodos objetivos y subjetivos anteriormente expuestos. Esto sirve para mejorar, desarrollar y potenciar las técnicas y diseños de las lentes intraoculares, además de conocer realmente las prestaciones y funcionalidades de ellas.

Por otra parte, en cuanto al impacto sobre la calidad visual provocado por las diferentes lentes intraoculares, no se puede establecer un patrón exacto de los efectos que tendrá una determinada LIO. Esto es porque cada paciente presenta características oculares diferentes y circunstancias distintas que lo envuelven, incluyendo la situación previa de cada uno. Pero, a grandes rasgos, se puede concluir que, con la lente monofocal solamente existe una distancia de enfoque (normalmente ajustada a la visión lejana), lo que mantiene un mayor grado de presbicia en el ojo implantado. Por otro lado, las lentes intraoculares monofocales proporcionan imágenes con mayor contraste y registran una menor incidencia de fenómenos fóticos. Los diseños multifocales permiten la visión a varias distancias de enfoque, si bien no con la misma calidad visual. Los diseños EDOF permiten un rango continuo de distancias de



enfoque, aunque no suele cubrir la extensión que abarca la visión lejana, intermedia y cercana. Con la lente multifocal se necesita una adaptación neuronal ya que la energía se reparte en varias imágenes. La AV suele ser mejor para distancias cercanas. También, con bajas adiciones los fenómenos fóticos no se encuentran tan intensificados.

Cabe destacar que la gran mayoría de pacientes implantados, presentan sequedad ocular, deslumbramiento y halos inmediatamente después de la extracción y suplantación del cristalino. Estos disminuyen con la adaptación neuronal.

Por último, el caso presentado es un claro ejemplo en el que se selecciona la lente en función de las circunstancias en la que se encuentra la paciente. Se coloca una lente monofocal y no una multifocal por la alta miopía y su retina estirada; así se minimiza el riesgo de complicaciones relacionadas con la función visual y la adaptación neuronal es más fácil. La selección de una lente monofocal, que forma imágenes con mayor contraste que la lente multifocal, prima la calidad óptica de la imagen en un plano de enfoque. Esta opción se ha valorado como preferente, aunque requiera del uso de gafas para distancias de enfoque intermedias o próxima.

Abreviaturas.

AV: Agudeza visual

SC: sensibilidad al contraste

LIO: lente intraocular

OD: ojo derecho

OI: ojo izquierdo

D: dioptrías

cm: centímetros

m: metros

VL: visión lejana

VP: visión próxima

c/g: ciclos/grado

Referencias

- [1] R. Acosta, L. Hoffmeister, R. Román, M. Comas, M. Castilla y X. Castells, «Revisión sistemática de estudios poblacionales de prevalencia de catarata,» *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, vol. 81 n 9, p. 1, septiembre 2006.
- [2] «Lentes intraoculares,» Innova Ocular-Clinica Dr. Soler. [En línea].
- [3] E. Yeu, MD, S. Cuozzo, MA y CMPP, «Preoperative Considerations to Optimize Surgical Outcomes,» *American Academy of Ophthalmology*, pp. 1-3, 2020.
- [4] D. R. Breyer, H. Kaymak, T. Ax, F. T. Kretz, G. U. Auffarth and Philipp R. Hagen, "Multifocal Intraocular Lenses and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses," *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology* , vol. 6 n 4, Julio / Agosto 2017.
- [5] F. P. Galán, "Lentes intraoculares multifocales: experiencia clínica".
- [6] "Lentes intraoculares difractivas," Noviembre 2015. [Online].
- [7] L. J. Royo, "Biometría y cálculo de lentes intraoculares," *Trabajo fin de grado de Medicina*, pp. 18-19, 2015.
- [8] A. Jinabhai, G. Young, L. A. Hall y J. S. Wolffsohn, «Clinical Techniques to Assess the Visual and Optical Performance of Intraocular Lenses: A Review,» Junio 2013.
- [9] A. Sheppard, S. Shah, U. Bhatt, G. Bhogal and J. Wolffsohn, "Visual outcomes and subjective experience after bilateral implantation of a new diffractive trifocal intraocular lens," 2013.
- [10] W. Radner, "Reading charts in ophthalmology," *Graefe's Archive For Clinical And Experimental Ophthalmology*, vol. 255(8), pp. 1465-1482., 2017.
- [11] "Sensibilidad al contraste VS Agudeza visual," 21 05 2018. [Online]. Available: <https://www.icoftalmologia.es/es/noticias/sensibilidad-al-contraste-vs-agudeza-visual/>.
- [12] C. Rocha-de-Lossada, J. Sánchez-González, D. Borroni and J. Peraza-Nieves, "Estandarización en la metodología e interpretación de las curvas de desenfoque y la sensibilidad al contraste en el estudio de lentes intraoculares," *Archivos de la sociedad española de oftalmología*, vol. 95 n 7, 313-314 Julio 2020.
- [13] M. I. I. González, «Resultados clínicos y calidad de vida en pacientes,» *TESIS DOCTORAL*, pp. 84-90, Julio 2017.
- [14] C. McAlinden, K. Pesudovs and J. Moore, "The development of an instrument to measure quality of vision: the quality of vision (QoV) questionnaire," *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, vol. 51, pp. 5537-5545, 2010.
- [15] F. Vega, F. Alba-Bueno y M. S. Millán, «Energy distribution between distance and near images in apodized diffractive multifocal intraocular lenses,» *Invest Ophthalmol*, vol. 52, p. 5695–5701. , 2011.
- [16] J. M. Á. G. Arnal, "Evaluación de la calidad visual en pacientes implantados con lentes intraoculares multifocales," *TESIS DOCTORAL*, 2019.
- [17] F. A. Bueno, N. Garzón, F. Vega, F. Poyales y M. S. Millán, «Patient-Perceived and Laboratory-Measured Halos Associated with Diffractive Bifocal and Trifocal Intraocular Lenses,» *Current Eye Research*, 21 Noviembre 2017.



- [18] I. Altemir-Gómez, M. S. Millán, F. Vega, F. Bartol-Puyal, G. Giménez-Calvo, J. M. Larrosa, V. Polo, L. E. Pablo y E. Garcia-Martin, «Comparison of visual and optical quality of monofocal versus multifocal intraocular lenses,» *Revista europea de Oftalmología*, pp. 2-4, 2019.
- [19] E. Ayup-Arguijo, H. Matiz-Moreno, M. Garzón, A. Nava-Castañeda and E. Chávez-Mondragón, "Aberraciones de alto orden, sensibilidad al contraste y agudeza visual: estudio comparativo entre lentes intraoculares asféricos y convencionales," *Medigraphic - Literatura biomédica*, vol. 81 (2), 2007.
- [20] V. B. Sanchez y E. D. Castillo, «Innovaciones en cirugía de catarata,» mayo 2013.

Anexos.

Apartado 1. Cuestionario QoV desarrollado.

Se selecciona este cuestionario para desarrollarlo ya que lo que se evalúa está relacionado con la AV, la SC y las aberraciones totales que han sido mencionados y expuestos en este trabajo como los aspectos más importantes de la calidad visual. Este cuestionario no sólo se emplea tras el implante de la lente, también es adecuado medir la QoV (calidad de visión) en pacientes con todo tipo de corrección o cirugía refractiva y patologías oculares que causan problemas y disminución de la calidad visual y de la calidad de vida.

Además, las preguntas son muy fácil comprensión y es un test rápido.

Rellenar esta encuesta solo le llevara 5 minutos de su tiempo, con ella se examina la calidad de su visión actual.

1. ¿Cuánto tiempo (en %) usa gafas para corregir su visión?

Gafa para lejos (%)	
Gafas para cerca (%)	
Gafas bifocales (%)	
Gafas progresivas (%)	
Lentes de Contacto para lejos (%)	
Lentes de Contacto multifocales (%)	
Lentes de Contacto con monovision (%)	

2. ¿Se ha sometido a alguna cirugía ocular?

	SI	NO
¿Cirugía refractiva?		
¿Cirugía de cataratas?		
¿Lente intraocular monofocal o multifocal?		

3. ¿Cómo ha sido su experiencia?

	Nunca	Ocasional	Bastante a menudo	Muy a menudo
deslumbramiento				
Halos				
Brillos				
Visión nublada				
Visión borrosa (lejos)				
Visión borrosa (cerca)				
Visión distorsionada				
Visión doble				
Dificultad para enfocar				
Dificultad para calcular distancias				

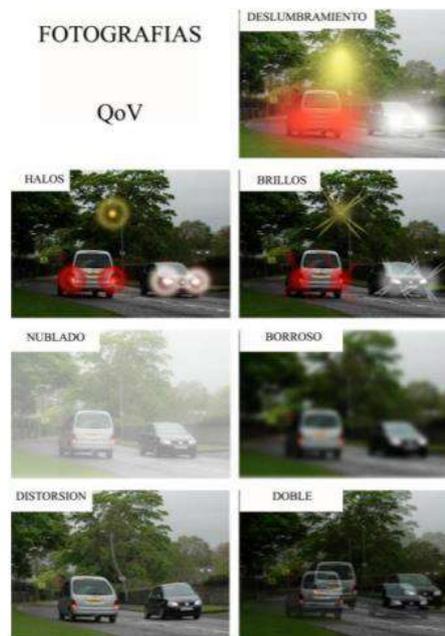
4. ¿Cómo de grave es?

	Nada	leve	moderado	Severo
deslumbramiento				
Halos				
Brillos				

Visión nublada				
Visión borrosa (lejos)				
Visión borrosa (cerca)				
Visión distorsionada				
Visión doble				
Dificultad para enfocar				
Dificultad para calcular distancias				

5. ¿Cómo de molesto es?

	Nada	leve	moderado	Severo
deslumbramiento				
Halos				
Brillos				
Visión nublada				
Visión borrosa (lejos)				
Visión borrosa (cerca)				
Visión distorsionada				
Visión doble				
Dificultad para enfocar				
Dificultad para calcular distancias				



Apartado 2. Información adicional al apartado personal (punto 7: caso real)

Adjunto las retinografías y tomografías oculares de la paciente, tanto del ojo derecho como del ojo izquierdo (sano). Todas las imágenes adjuntadas han sido cedidas por la paciente, informada de sus publicaciones en este trabajo.

Pese a la poca calidad de las imágenes, se pueden observar diversos rasgos propios de un ojo con miopía magna.

En la retinografía del ojo derecho (imagen A) se puede observar gran cantidad de depósitos amarillentos, denominados drusas.

En la segunda retinografía del ojo derecho (imagen B), se observan colores pálidos y otros más intensos, es decir, existe una gran diferencia de pigmentación en las diferentes partes de la retina por el estiramiento del polo posterior debido a la alta miopía. Existe gran diferencia con el ojo sano, en el que encontramos colores y una retina uniforme (imagen C).

En cuanto a las tomografías (imagen D y E), se diferencian perfectamente el OD del OI, ya que el ojo miópico se encuentra excesivamente curvado.

En cuanto a la imagen F, es interesante comentar el grosor de las retinas. Queda en evidencia una vez más la alta miopía del ojo derecho por el grosor que presenta con valores mucho menores que los del ojo izquierdo, observando en el gráfico valores más homogéneos.

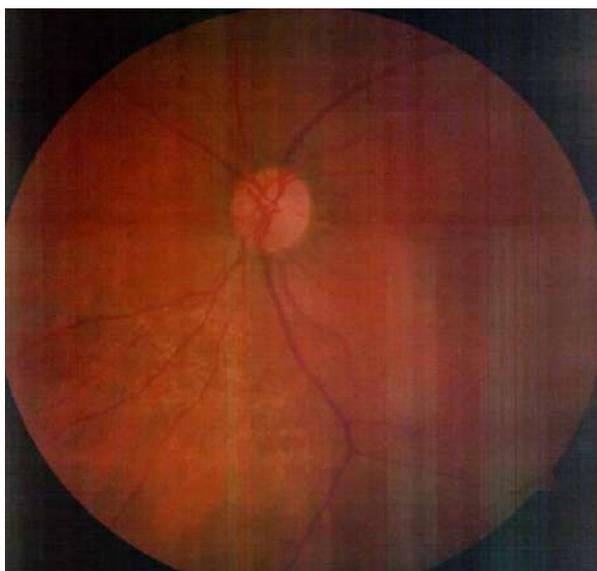


Imagen A. Retinografía OD con observación de drusas

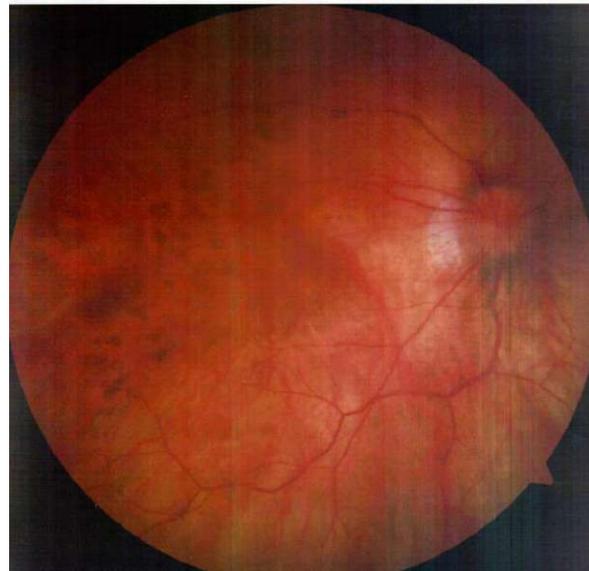


Imagen B. Retinografía del OD

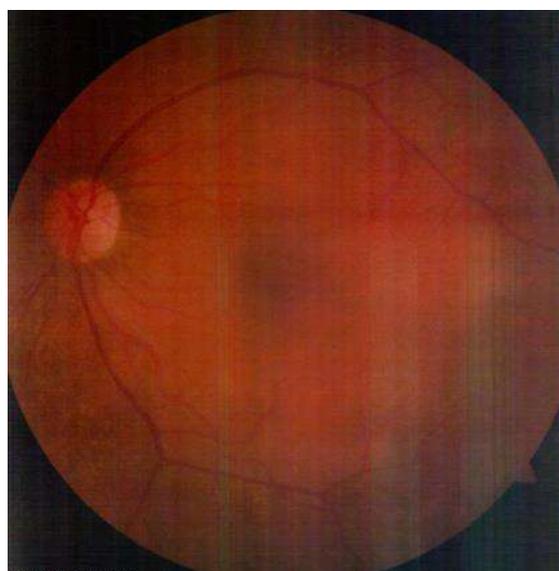


Imagen C. Retinografía OI

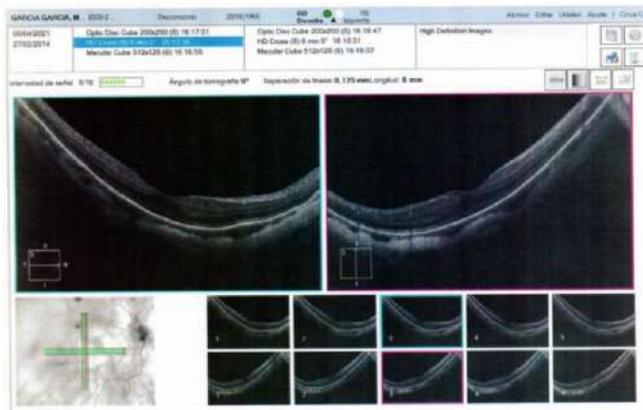


Imagen D. Tomografía de coherencia óptica OD



Imagen E. Tomografía de coherencia óptica OI

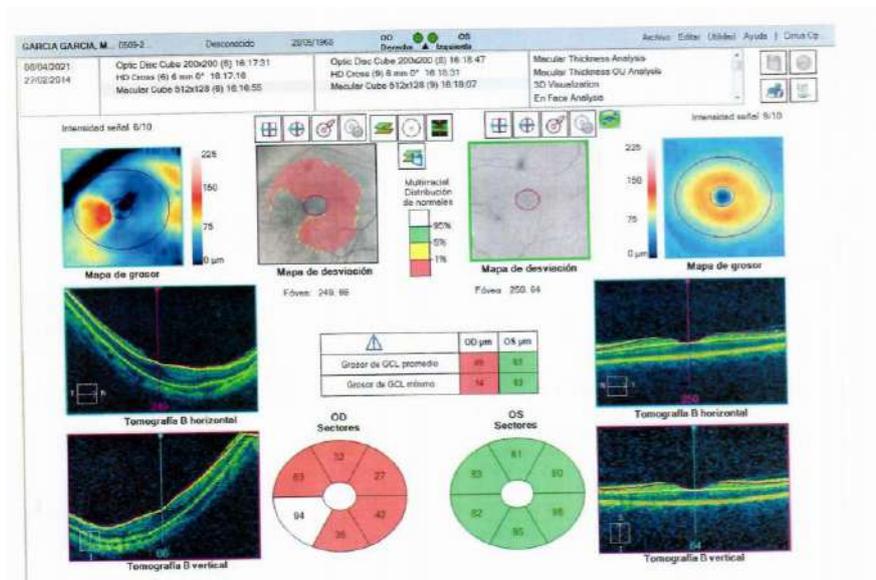


Imagen F. Tomografía de ambos ojos con sus grosores de retina.