



**Tesis doctoral**

**ESTUDIO PROSPECTIVO DE LA CIRUGÍA BILATERAL DE  
CATARATAS DE FORMA SIMULTÁNEA Y CON IMPLANTE DE LENTE  
INTRAOCULAR MULTIFOCAL COMPARÁNDOLA CON LA CIRUGÍA  
ESTÁNDAR ACTUAL.**

**Dr. Fernando Hernández Pardines  
2015**

**DEPARTAMENTO DE PATOLOGÍA Y CIRUGÍA  
DIVISIÓN DE OFTALMOLOGÍA  
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**





**D. José Ramón Hueso Abancéns**, Doctor en Medicina y Cirugía.

**D. José Luis Encinas Martínez**, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor Titular de Oftalmología de la Universidad Autónoma de Madrid.

**D. Alberto Artola Roig**, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor Titular de Oftalmología de la Universidad Miguel Hernández, de Elche.

Certifican:

Que el Dr. Fernando Hernández Pardines, Especialista en Oftalmología, ha realizado bajo nuestra dirección la presente TESIS DOCTORAL, reuniendo las condiciones necesarias para ser defendida y acceder al grado de Doctor en Medicina y Cirugía de la Universidad Miguel Hernández.

Y para que así conste, firmamos el presente certificado en Alicante, a 27 de Septiembre del 2015.

Fdo: José Ramón Hueso Abancéns

Fdo: José Luis Encinas Martín

Fdo: Alberto Artola Roig





**ESTUDIO PROSPECTIVO DE LA CIRUGÍA BILATERAL  
SIMULTÁNEA DE CATARATAS CON IMPLANTE DE LENTE  
INTRAOCULAR MULTIFOCAL COMPARÁNDOLA CON LA CIRUGÍA  
ESTÁNDAR ACTUAL.**

Tesis presentada por **D. Fernando Hernández Pardines**

para aspirar al grado de Doctor en Medicina.

Directores:

**Dr. José Ramón Hueso Abancéns.**

**Dr. Alberto Artola Roig.**

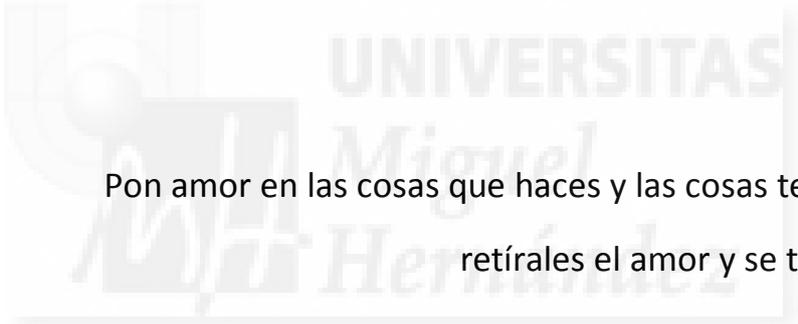
**Dr. José Luis Encinas Martínez.**

DEPARTAMENTO DE PATOLOGÍA Y CIRUGÍA  
DIVISIÓN DE OFTALMOLOGÍA  
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ



A Susi

A José y Lucrecia



Pon amor en las cosas que haces y las cosas tendrán sentido,  
retírales el amor y se tornarán vacías.



## AGRADECIMIENTOS

La tesis significa un hito dentro de una trayectoria de formación continuada. En este largo camino han sido muchas las personas que me han ayudado:

Para ser justos, debería empezar dando las gracias a mis padres, que sacrificaron muchas cosas para que yo pudiera estudiar.

Me gustaría agradecer en segundo lugar, a todos los que me ayudaron y acompañaron durante los primeros años de formación en La Fe de Valencia, tanto residentes, como adjuntos, enfermeras y auxiliares que marcaron una impronta a nivel personal y profesional en mi persona.

También agradecer al Dr. Hueso todo lo que me ha enseñado a nivel profesional y personal, y porque sin su ayuda y empuje no hubiera salido adelante esta tesis.

Al servicio de Oftalmología del Hospital San Juan de Alicante, facultativos, enfermería, auxiliares, administrativos, y todo el resto de personal. Todos juntos somos una gran familia y nos ayudamos mutuamente cada día. Sin ellos el trabajo no sería lo mismo.

Por ultimo me gustaría agradecer a la Universidad Miguel Hernández, en especial al Dr. Alberto Artola su dedicación al mundo docente y al Dr. Encinas por su apoyo.





# ÍNDICE



<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.</b>	<b>ANATOMIA DEL OJO Y APARATO ACOMODATIVO</b>	
1.1.1.	ANATOMIA DEL OJO.....	3
1.1.2.	CRISTALINO.....	4
1.1.3.	CUERPO CILIAR.....	9
1.1.4.	MUSCULO CILIAR.....	10
1.1.5.	ZONULA DE ZINN.....	11
<b>1.2.</b>	<b>CATARATA</b>	
1.2.1.	CONCEPTO DE CATARATA.....	12
1.2.2.	CLASIFICACIÓN.....	13
1.2.2.A.	CLASIFICACIONES UTILIZADAS.....	13
1.2.2.B.	CLASIFICACIONES LOCS.....	16
1.2.2.C.	TENDENCIAS ACTUALES.....	19
1.2.3.	BREVE HISTORIA DE LA CIRUGÍA DE LA CATARATA.....	19
<b>1.3.</b>	<b>ACOMODACIÓN</b>	
1.3.1.	CONCEPTO DE ACOMODACIÓN.....	25
1.3.2.	TEORÍAS DE ACOMODACIÓN.....	26
1.3.2.A.	TEORÍA DE HELMHOLTZ.....	26
1.3.2.B.	TEORIA DE TSCHERNING.....	28
1.3.2.C.	TEORIA SCHACHAR.....	29
1.3.2.D.	CONTROVERSIAS.....	30
1.3.3.	APUNTE A LA PRESBICIA.....	32
1.3.4.	CORRECCIÓN DE LA ACOMODACIÓN.....	32
1.3.4.A.	COMPENSACIÓN ÓPTICA.....	33
1.3.4.A.1.	LENTE OFTÁLMICAS.....	33
1.3.4.A.2.	LENTE DE CONTACTO.....	33
1.3.4.B.	TÉCNICAS QUIRÚRGICAS.....	34
1.3.4.B.1.	TÉCNICAS ESCLERALES.....	34
1.3.4.B.2.	LENTE INTRAOCULARES.....	36

1.3.4.B.3. LASIK (MONOVISION Y PRESBYLASIK).....	36
1.3.5. CONCEPTO DE LENTES INTRAOCULARES MONOFOCALES, ACOMODATIVAS Y MULTIFOCALES.....	39
1.3.5.A. LENTES ACOMODATIVAS.....	39
1.3.5.B. LENTES MULTIFOCALES.....	43
1.3.5.B.1. CONCEPTO DE DIFRACCIÓN Y REFRACCIÓN.....	44
1.3.5.B.2. PASOS PARA LA ELECCIÓN DE UNA LENTE MULTIFOCAL.....	46
1.3.5.B.3. CONOCIMIENTO DE LAS DISTINTAS LENTES.....	46
1.3.5.B.4. EXPLORACIÓN OCULAR METICULOSA.....	53
1.3.5.B.5. INFORMACIÓN AL PACIENTE.....	54
1.3.5.B.6. INDICACIONES Y CONSIDERACIONES.....	55
<b>1.4. AGUDEZA VISUAL</b>	
1.4.1. DEFINICIÓN.....	56
1.4.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CONCEPTO.....	58
1.4.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA AGUDEZA VISUAL.....	60
1.4.4. NOTACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL.....	68
1.4.4.A. INTERPRETACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL DE LEJOS.....	68
1.4.4.A.1. AGUDEZA SNELLEN.....	68
1.4.4.A.2. AGUDEZA DECIMAL Y PORCENTUAL.....	69
1.4.4.A.3. MÍNIMO ÁNGULO DE RESOLUCIÓN.....	69
1.4.4.A.4. LOG DE MÍNIMO ÁNGULO DE RESOLUCIÓN.....	70
1.4.4.A.5. VISUAL ACUITY RATING.....	70
1.4.4.B. INTERPRETACIÓN DE LA AGUDEZA DE CERCA.....	71
1.4.4.B.1. UNIDADES MÉTRICAS.....	71
1.4.4.B.2. SISTEMA DE PUNTOS.....	71
1.4.4.B.3. NOTACIÓN JAEGER.....	71
1.4.4.B.4. EQUIVALENTE SNELLEN.....	72
1.4.4.C. OPTOTIPOS Y TESTS.....	72
1.4.4.C.1. OPTOTIPOS SNELLEN.....	73
1.4.4.C.2. OPTOTIPOS DE ESCALA LOGARÍTMICA.....	73
1.4.4.C.3. TESTS Y OPTOTIPOS ESPECIALES.....	74

<b>1.5. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE</b>	
1.5.1. CONCEPTO.....	74
1.5.2. DIAGNÓSTICO: MÉTODOS DE EXAMEN.....	77
1.5.3. ALTERACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE.....	82
<b>1.6. ESTEREOPSIS</b>	
1.6.1. CONCEPTO.....	83
1.6.2. HISTORIA.....	84
1.6.3. MECANISMOS DE ESTEREOPSIS.....	84
1.6.4. AGUDEZA ESTEREOSCÓPICA.....	85
1.6.5. ALTERACIÓN DE LA ESTEREOPSIS.....	86
1.6.6. DIAGNÓSTICO: MÉTODOS DE EXAMEN.....	87
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>	<b>91</b>
<b>3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....</b>	<b>97</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>101</b>
<b>4.1. MATERIAL</b>	
4.1.1. POBLACIÓN DE PACIENTES.....	103
4.1.1.A. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	104
4.1.1.B. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	104
4.1.1.C. ENTRADA DE SUJETOS Y CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	105
4.1.2. MATERIAL EMPLEADO EN LA EVALUACIÓN DE LOS PACIENTES.....	108
4.1.3. MATERIAL QUIRÚRGICO.....	112
<b>4.2. MÉTODOS</b>	
4.2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	114
4.2.2. PARÁMETROS DE COSTO ECONÓMICO.....	115
4.2.3. PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO.....	116

---

4.2.4.	EVALUACIÓN CLÍNICA.....	117
4.2.5.	EVALUACIÓN SATISFACCIÓN SUBJETIVA.....	119
4.2.6.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	120
4.2.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	121
4.2.8.	ASPECTOS ÉTICOS.....	122
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>123</b>
5.1.	MEJOR AV CON CORRECCIÓN DE LEJOS BINOCULAR.....	125
5.2.	MEJOR AV CON CORRECCIÓN DE CERCA BINOCULAR.....	127
5.3.	MEJOR AV NO CORREGIDA DE LEJOS, BINOCULAR.....	128
5.4.	MEJOR AV NO CORREGIDA DE CERCA BINOCULAR.....	129
5.5.	SENSIBILIDAD AL CONTRASTE FOTÓPICA DE LEJOS BINOCULAR.....	130
5.6.	SENSIBILIDAD AL CONTRASTE FOTÓPICA DE CERCA BINOCULAR.....	131
5.7.	SENSIBILIDAD AL CONTRASTE MESÓPICA DE LEJOS BINOCULAR.....	133
5.8.	ESTEREOPSIS.....	135
5.9.	INDEPENDENCIA A GAFAS.....	135
5.10.	EFFECTOS ADVERSOS.....	136
5.10.1.	EFFECTOS ADVERSOS DERIVADOS DE LA CIRUGÍA.....	136
5.10.2.	DISFOTOPSIAS DERIVADAS DE LAS LENTES INTRAOCULARES...137	
5.11.	ESCALA VISUAL ANALÓGICA DE SATISFACCIÓN SUBJETIVA.....	138
5.12.	COSTE ECONÓMICO.....	138
<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>143</b>
6.1.	ESTADO DEL ARTE.....	145
6.2.	AGUDEZA VISUAL CORREGIDA.....	146
6.3.	AGUDEZA VISUAL NO CORREGIDA.....	147
6.4.	SENSIBILIDAD AL CONTRASTE.....	147
6.5.	ESTEREOPSIS.....	148
6.6.	INDEPENDENCIA A GAFAS.....	149
6.7.	EFFECTOS ADVERSOS.....	149

---

6.8.	SATISFACCIÓN SUBJETIVA.....	150
6.9.	COSTE ECONÓMICO.....	151
7.	CONCLUSIONES.....	153
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	157
9.	ANEXO ESTADÍSTICO.....	165
10.	ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS.....	179
10.1.	FIGURAS.....	181
10.2.	TABLAS.....	184
10.3.	GRAFICOS.....	185
11.	ABREVIATURAS.....	187







# 1. INTRODUCCIÓN



## 1.1. ANATOMÍA DEL OJO Y APARATO ACOMODATIVO.

### 1.1.1. ANATOMÍA DEL OJO.

El cristalino es una lente de aproximadamente 22 dioptrías y tiene una estructura biconvexa (García Porrero JA, 2005; Rouviere H, 2005; Testut L, 2000). Si lo extraemos tenemos que suplir esa graduación y volver a ocupar el espacio vacío que hemos dejado. Este último punto es interesante porque fue el que dio origen a las lentes intraoculares.

El cristalino además de una lente, actúa como un tabique que separa el ojo en dos compartimentos, el segmento anterior y el segmento posterior, tal como se muestra en la figura 1. La falta de este tabique ocasiona que las estructuras internas estén más “seltas” al quedar ese espacio vacío y también pueden pasar sustancias de uno u otro segmento, con efectos tóxicos sobre la retina, ocasionando alteraciones sobre la mácula o incluso favoreciendo la aparición de un desprendimiento de retina. Para evitar todo esto y volver a tabicar el ojo al extraer la catarata, se pensó en colocar una estructura similar al cristalino, con forma de lente, para tabicar y para incorporar la graduación que necesita ese ojo, por eso siempre recomendamos implantar la lente intraocular, aunque la graduación de esta sea de cero dioptrías ya que la finalidad es volver a separar el segmento anterior y posterior, recuperar la tabicación fisiológica del ojo.

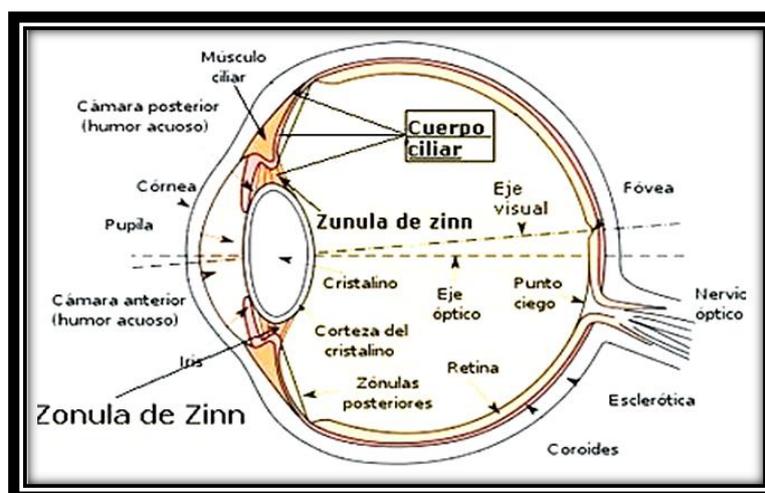


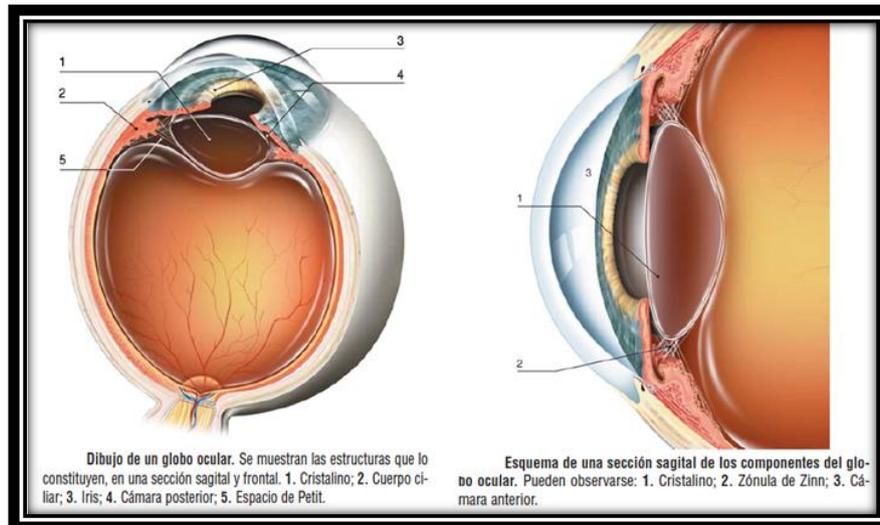
Fig. 1. Anatomía del ojo.

El conocimiento de la anatomía del cristalino y del aparato acomodativo es un paso previo imprescindible para, posteriormente, comprender el mecanismo de la acomodación.

### **1.1.2. CRISTALINO.**

El cristalino es una estructura transparente, biconvexa, elíptica, elástica y avascular, de apariencia transparente localizada entre el iris y el vítreo. Por su ecuador, el cristalino está unido al epitelio del cuerpo ciliar mediante las zónulas. Alrededor del cristalino se hallan diferentes espacios que enumeraremos a continuación. El espacio entre la inserción zonular a la cápsula anterior y la posterior se llama canal de Hannover. Por detrás tenemos la fosa patelar, que es la parte más anterior del canal de Cloquet, y dentro el espacio de Berger. También por detrás encontramos el ligamento hialoideo capsular de Wieger que une la hialoidees con la cápsula, y por delante de ella el canal de Petit.

De origen ectodérmico (Testut L, 2000), se origina por una invaginación del ectoblasto hacia las 5 semanas de embarazo. De ahí se produce una formación de fibras primarias antero-posteriores las cuales forman las suturas. La periferia del cristalino es más joven. Las fibras secundarias se agregan durante la vida, engrosando el Cristalino. A medida que pasa el tiempo y al comparar la masa del cristalino de un bebé (50 mg) y un adulto mayor (250 mg), más menos se quintuplica. Además de la masa, el grosor del cristalino también va en aumento a lo largo de toda la vida. Al nacer mide 3,5-4 mm. A los 40 años se estima mide 4-4,5 mm, y a los 80 años unos 5 mm. El diámetro ecuatorial aumenta sólo con el crecimiento, ya que al nacer es de unos 6,5 mm y en la segunda década de 9-10 mm y ya no crece más. El peso del cristalino también tiene un aumento lineal con la edad. Al año pesa unos 150 mg, a los 40 años unos 200 mg y a los 80 años unos 250 mg.



**Fig. 2. Anatomía del polo anterior ocular.**

El cristalino tiene un gradiente en el índice refractivo que le permite tener un índice refractivo alto a pesar de estar compuesto de un material con un índice refractivo bajo. Esto lo consigue mediante su arquitectura. Es un modelo de capas concéntricas del mismo material con el mismo índice refractivo (Moore KL, 2007). El haz de luz al atravesar cada una de las internases se refracta, por lo que es refractado de forma constante. Esto hace que el índice refractivo en el centro sea mayor (1,406) que en la periferia (1,386), ya que la luz atraviesa menos interfases. Esto hace que el cristalino, a pesar de ser de forma esférica, tenga una aberración esférica negativa. Si se construyera una lente con la misma forma que el cristalino, de forma homogénea, sin el modelo de capas concéntricas, se requeriría un material con un índice de refracción de 1,422 para conseguir la misma refracción que el cristalino natural, y además tendría una aberración esférica positiva. Por lo tanto, la estructura del cristalino con el gradiente del índice de refracción le da unas características especiales. El cristalino es una lente biconvexa, aunque la curvatura anterior es menor que la posterior. La cara anterior tiene un radio de curvatura de 10 mm, mientras que la posterior de 6 mm. Con la edad hay un aumento en la curvatura con la consiguiente disminución del radio de curvatura. Si este aumento de curvatura fuera el único factor, con la edad mejoraría la visión de cerca y empeoraría la de lejos, pero esto no es así. Este efecto se llama la «paradoja del cristalino», y se supone que al cambio de

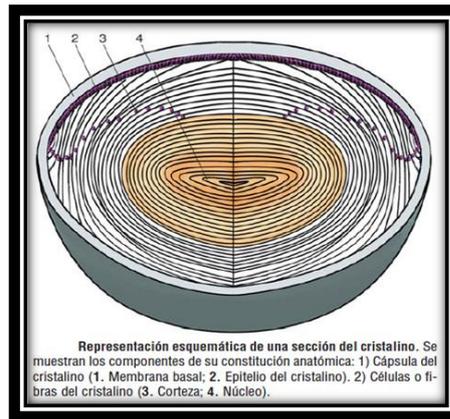
curvatura del cristalino se añade un cambio en el índice refractivo que mantiene el estado refractivo de lejos.

Diámetro antero-posterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,5-4 mm hasta los 50 años</li> <li>• 4,75-5 mm después de los 50 años</li> </ul>
Diámetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niños: 6,5 mm</li> <li>• Adultos: 9 mm</li> </ul>
Radios de curvatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anterior: 10 mm</li> <li>• Posterior: 6 mm</li> </ul>
Peso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al nacer: 65 mg</li> <li>• 1 año: 130 mg</li> <li>• Ancianos: 250 mg</li> </ul>
Volumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacia los 30 años: 0,165 ml</li> <li>• Ancianos: 0,245 ml</li> </ul>

**Fig. 3. Valores morfométricos del cristalino**

La cápsula del cristalino es una membrana basal acelular y avascular, transparente y elástica que envuelve por completo al cristalino. Su origen es el epitelio cristalino. Es la membrana basal más gruesa del cuerpo humano, aunque su grosor no es uniforme. Varía según la edad y según la porción. La parte anterior central mide unas 15  $\mu\text{m}$  y la parte anterior periférica unas 21  $\mu\text{m}$ . La zona ecuatorial mide unas 17  $\mu\text{m}$  y la parte posterior periférica unas 23  $\mu\text{m}$ . La parte más fina es la parte posterior central que mide unas 3  $\mu\text{m}$ .

El epitelio cristalino consta de una monocapa de células cuboidales por debajo de la cápsula anterior y zona ecuatorial, pero no por debajo de la cápsula posterior. Éste es usado en la fase embrionaria para formar las fibras cristalinas primarias. Consta de tres zonas diferenciadas por su grado de mitosis. La zona central donde no hay mitosis, la zona intermedia, donde se encuentran células más pequeñas y cilíndricas, con alguna mitosis, y finalmente la zona ecuatorial (o germinativa) donde las células se dividen y se elongan en dirección anterior y posterior hacia las suturas formando las fibras cristalinas secundarias.



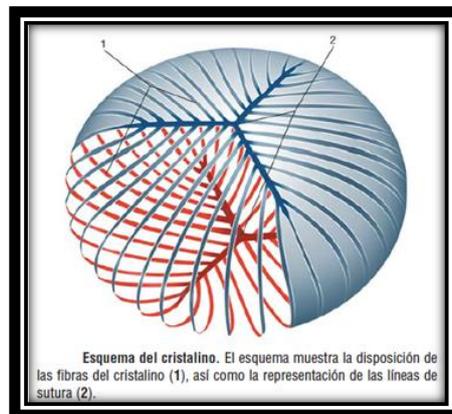
**Fig. 4. Representación de las capas del cristalino.**

Debido a la formación constante de nuevas células, las antiguas se van desplazando hacia el córtex, donde sus núcleos se aplanan. Estas células con sus núcleos avanzan desde el ecuador hacia el núcleo cristalino adoptando una forma de herradura invertida delimitada por los núcleos, los más centrales están más cerca del núcleo del cristalino.

Las fibras cristalinas forman nuevas uniones en los extremos basal y apical, y pierden la adherencia de la cápsula posterior. Justo después, las células de las fibras degradan sus organelas, aumentando así su transparencia al disminuir el scatter. Para mantener la transparencia y un índice refractivo mayor que el de los medios que lo rodean, las fibras están perfectamente alineadas con sus vecinas, y acumulan grandes cantidades de proteína: las cristalinas. Son las células con mayor concentración de proteínas de todo el cuerpo.

Las suturas cristalinas se conocen como las estrellas cristalinas anteriores y posteriores por su forma de rayo. Son el punto de unión de las fibras de la misma generación, pero de diferente cuadrante de origen. En el núcleo fetal hay una «Y» erecta anterior y una «Y» invertida posterior y no están superpuestas, las ramas de una están en el espacio entre las ramas de la otra. Esta disposición es así porque las fibras que se unen en una «Y» al final del brazo principal, se une a las ramas de la «Y» del polo opuesto, por lo que no es necesario que todas las fibras lleguen al polo anterior y posterior, consiguiendo así una forma elíptica, que en el caso contrario sería

una forma esférica ya que todas las fibras tienen la misma longitud al ser de la misma generación.



**Fig. 5. Suturas cristalinas.**

Después de la etapa fetal, las nuevas fibras forman nuevas suturas, pero ya no en forma de «Y», sino de forma estrellada. A medida que pasa la edad, estas formas son más complejas. Está demostrado que en la zona de las suturas hay una mayor aberración de esfericidad positiva.

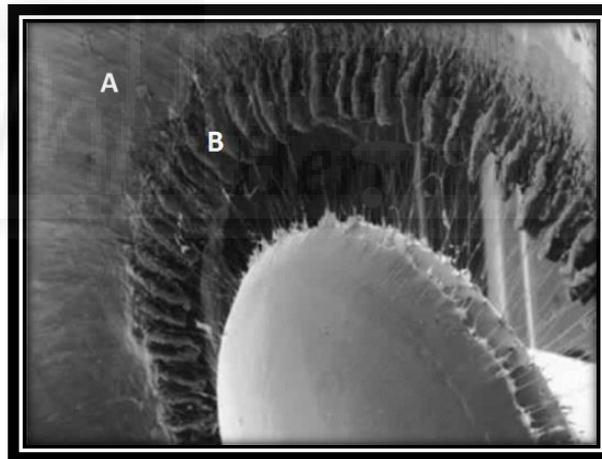
Las suturas no subyacen en el mismo plano, pero son continuas a lo largo del grosor del cristalino. Las fibras son hexagonales en su sección transversal, y se hacen más delgadas, pero con mayor superficie, debido a una digitalización a medida que se acercan a la sutura. Las 8-10 capas de fibras subyacentes a la cápsula anterior tienen uniones «ball-socket» en su extremo corto de las células hexagonales. Las células de una misma capa están muy bien adheridas, pero la adhesión es mínima entre células de diferentes capas. Esto es muy importante en el movimiento del cristalino durante la acomodación. En la parte posterior del cristalino las uniones son diferentes de las ya comentadas en la parte anterior del cristalino. Presentan uniones «tongue and groove» en la parte larga de las células hexagonales sin conexiones en la parte corta de las células hexagonales, completamente a la inversa que en la parte anterior del cristalino. Este tipo de adhesión provoca una fuerte unión entre fibras de diferentes generaciones y mantiene el orden de las fibras manteniendo así su transparencia.

Las fibras del cristalino tienen el mayor número de uniones «gap» de todo el cuerpo, dato muy importante para la nutrición de las fibras debido a que la mayoría de estas se encuentran muy alejadas de los nutrientes y carecen de organelas.

### 1.1.3. CUERPO CILIAR.

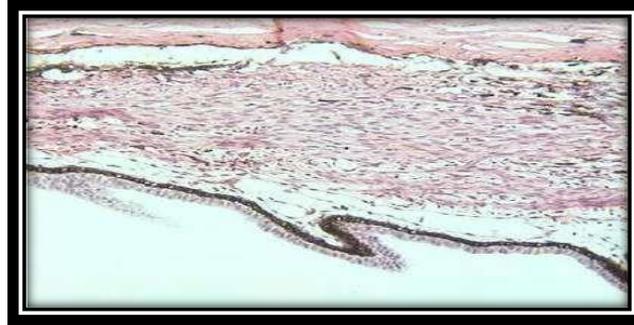
El cuerpo ciliar (Fig.1, 2 y 6) tiene forma triangular y se extiende de forma circular alrededor de todo el ojo. Está delimitado en su parte externa por la esclera y en su parte interna por la cavidad vítrea, ésta exenta de epitelio pigmentario. En su parte posterior delimita con la ora serrata, y en su parte anterior con el espolón escleral y la malla trabecular. Es más largo en su parte inferotemporal que en la zona superonasal. Consiste en dos partes (Rouviere H, 2005):

- A) La zona anterior llamada **pars plicata** (Fig.6. zona B) o corona ciliaris, la cual se compone de 70 a 80 procesos ciliares, con sus respectivos valles; las dimensiones de los procesos ciliares son 2 mm de longitud, 1 mm de alto y 0,5 mm de ancho. Se van haciendo más largos y altos.
- B) La segunda parte es la llamada **pars plana** (Fig.6. zona A) o orbiculus ciliaris. Tiene unos 3,5 a 4 mm de longitud, es prácticamente avascular, y es el lugar de inserción de las fibras zonulares posteriores y de la base del vítreo.



**Fig. 6. Partes del Cuerpo Ciliar. Zona A: Pars Plana. Zona B: Pars Plicata.**

Cada uno de los procesos ciliares (que componen la pars plicata) se compone de cinco capas. Las definiremos desde fuera hacia dentro: la capa supraciliar o supracoroidal, el músculo ciliar, el estroma, la capa de epitelio pigmentado, y finalmente la capa epitelial no pigmentada. La capa de epitelio continua con el epitelio pigmentario de la retina y la capa epitelial no pigmentada continua con la neurorretina. Las fuertes uniones entre células epiteliales no pigmentadas adyacentes constituyen la barrera hematocuosa y es esta capa la encargada de la secreción activa (con gasto de energía) de humor acuoso.



**Fig. 7. Corte Histológico de cuerpo ciliar. Epitelio pigmentado y no pigmentado.**

#### **1.1.4. MÚSCULO CILIAR.**

Es un músculo liso, con alguna reminiscencia de músculo esquelético (Rouviere H, 2005). Está delimitado en su parte externa por la esclera, en su parte interna por el estroma en la parte anterior, y por la pars plana en la más posterior. No se extiende a los procesos ciliares. En la parte posterior tiene un anclaje elástico con el estroma de las coroides, y en la parte anterior un anclaje rígido al espolón escleral. El movimiento del músculo ciliar es hacia delante y hacia dentro, disminuyendo el diámetro del anillo ciliar.

La contracción del músculo ciliar es mediante la acetilcolina con el sistema parasimpático y los receptores M3, y la relajación, mediante la noradrenalina con el sistema simpático y los receptores beta-2 adrenérgicos. El mismo músculo actúa como como agonista y antagonista, a diferencia de los músculos esqueléticos donde hay un músculo agonista y otro antagonista, por ejemplo, bíceps y tríceps. Las fibras del músculo ciliar están distribuidas de tres formas diferentes. Las fibras ecuatoriales son las más profundas, también llamadas músculo de Müller y suponen el 4 al 24% de la contracción. Justo superior a las fibras ecuatoriales tenemos a las fibras radiales o reticulares que suponen el 25 al 47% de las fibras del músculo ciliar. Las fibras más superficiales son las meridionales o longitudinales, también llamadas músculo de Brücke, que corresponden al 41-69% de las fibras del músculo ciliar.

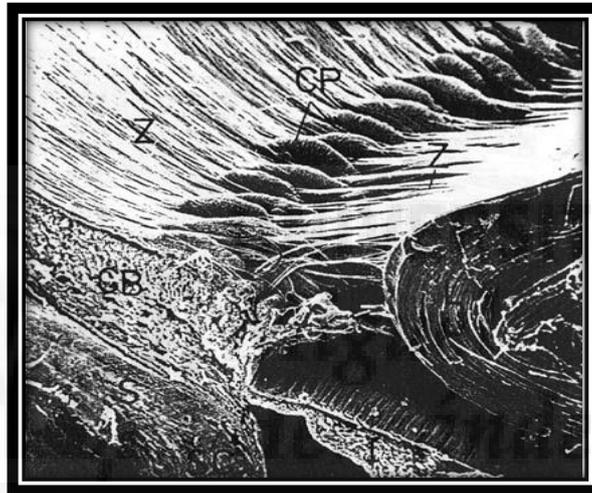
### 1.1.5. ZÓNULA DE ZINN.

Se distinguen tres partes en la zónula de Zinn (Fig.8) (Rouviere H, 2005):

A) La pars orbicularis. Zona de unión de la zónula posterior a la pars plana, 1,5 mm por delante de la ora serrata, por debajo de la membrana limitante interna, sin entrar en el citoplasma de las células subyacentes.

B) Plexo zonular, donde la zónula pasa a través de los valles del cuerpo ciliar, y se ancla a ellos mediante las fibras de tensión.

C) Horquilla zonular, que es el punto de angulación de la zónula en los valles del cuerpo ciliar, hacia el espacio circumlental hasta la cápsula anterior y posterior del cristalino.



**Fig. 8. Zónula de Zinn y cuerpo ciliar. Relaciones anatómicas en la zona.**

Los cuerpos ciliares (CP) marcan los límites de las tres partes de la zónula (Z):

- a) La pars orbicularis, dispuesta entre pars plana a los cuerpos ciliares.
- b) El plexo zonular, en la zona de los valles de los cuerpos ciliares.
- c) La horquilla zonular, en la región entre cuerpos ciliares y el cristalino.

Las inserciones de la zónula a la cápsula del cristalino son macroscópicamente diferentes. En la cápsula anterior se anclan a 1,5 mm del ecuador a lo largo de una línea circular de 0,5 a 1 mm de ancho. En el punto de inserción las fibras zonulares profundizan posteriormente de 0,6 a 1,6 mm. En dicha parte posterior las zónulas se adhieren mediante dos o tres líneas en una zona de 0,4 a 0,5 mm de ancho. El anclaje es muy superficial.

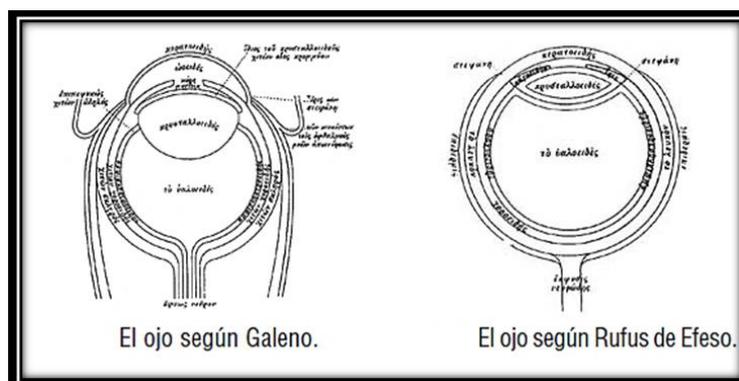
La zónula se une al cristalino mediante una glicoproteína no colagenoide, por lo tanto, resistente a la colagenasa (altera solo la cápsula) y se destruye con la quimiotripsina (no altera la cápsula). Las fibras zonulares son más elásticas que la cápsula y no se alteran con la edad. En el síndrome de Marfan estas se encuentran alteradas por una alteración en el cromosoma 15q 21.1.

## 1.2. CATARATA

### 1.2.1. CONCEPTO DE CATARATA

Durante muchos siglos el cristalino fue considerado como el órgano receptor de las imágenes y se le situaba en el centro del globo ocular. A él se atribuía la emisión de rayos visuales que tras alcanzar los objetos exteriores volvían al ojo para formar la imagen en el interior del cristalino. Esta imagen era entonces transportada hasta el cerebro por el neuma visual a través de la oquedad del nervio óptico.

Esta concepción errónea del mecanismo de la visión, originaria de la escuela pitagórica y presente en la obra de Galeno, quien por primera vez usó el término «lens cristallina», perduró hasta el Renacimiento, si bien Rufus de Efeso (98-117 d.C.) ya describió la posición correcta del cristalino (Daniel M. Albert, 1999).



**Fig.9 El ojo según Galeno y Rufus de Efeso.**

Habitualmente se atribuye a los físicos griegos la idea de que la catarata se debía a la acumulación, entre pupila y cristalino, de un humor que «caía» del cerebro, pero en

realidad esta hipótesis nace con la medicina árabe. Los autores griegos simplemente supusieron que la catarata se forma por un fenómeno de exudación y coagulación que tiene lugar en el fluido que hay entre pupila y cristalino. Dieron a esta entidad el nombre de «hypochisis» o «hypochima», término que podría derivar de «hypo» = debajo, y «chyin» = fundir.

Antes de la era de los microscopios, sólo se reconocían las cataratas en estadios muy avanzados por la inexistencia de medios que permitieran un diagnóstico más temprano; así, haciendo un breve repaso histórico, durante la Edad Media, los árabes se referían a las opacidades cristalinas utilizando el término «nuzul-el-ma» por razones puramente descriptivas debido a que su apariencia recordaba al color azul del agua. Con la traducción de los manuscritos árabes al latín, se adoptó el término «cataracta» para describir las opacidades cristalinas (Daniel M. Albert, 1999).

Actualmente gracias al desarrollo de la biomicroscopía, de la lámpara hendidura, así como al aumento de la demanda de una visión de mayor calidad, hemos podido detectar cambios en el cristalino de forma más precoz, consiguiendo así que los estadios avanzados sean poco frecuentes en la práctica clínica en los países desarrollados.

## **1.2.2. CLASIFICACIÓN**

### **1.2.2.A. CLASIFICACIONES UTILIZADAS**

Para describir esta patología, se han recogido en la literatura multitud de términos que en ocasiones se superponen y las clasificaciones son muy variadas<sup>21</sup>.

Muchas hacen referencia a su etiología:

- Senil
- Congénita
- Traumática
- Asociada a enfermedades oculares
- Asociada a enfermedades sistémicas
- Agentes externos: radiaciones ionizantes, fármacos...

En ocasiones se han utilizado términos subjetivos para describir las cataratas:

- Inmadura, madura e hipermadura

- Incipiente
- Esclerótica (dura)
- Mínima, moderada, avanzada

El inconveniente de estos términos es que dependen de la interpretación personal del médico que las valora. En un intento de unificar clasificaciones y eliminar subjetividad a las valoraciones, investigadores clínicos establecieron, como referencia, la localización anatómica de la opacidad utilizando imágenes estándar para evaluar los distintos grados de catarata. Este consenso divide las cataratas seniles en tres tipos:

- Cortical
- Nuclear
- Subcapsular posterior.

Las clasificaciones que siguen este sistema son:

- LOCS II y III
- The Oxford Cataract Classification System
- Beaver Dam Eye Study
- Age Related Eye Disease Study (AREDS).

Es importante una adecuada clasificación porque el tipo de catarata determina una semiología, una pérdida de visión funcional y un tratamiento diferente en cada caso. Los síntomas pueden ser diferentes en función del grado de opacidad (Miller, 1990). Los síntomas precoces que se derivan de la opacificación del cristalino suelen ser las siguientes:

- Visión de «manchas» fijas ante los ojos, no se mueven de manera continua como las miodesopsias, sino que conservan su lugar relativo en el campo visual con el ojo en distintas posiciones.
- Otro síntoma temprano es la poliopía binocular, visión doble o triple de un objeto con un solo ojo, debido a la refracción irregular del cristalino por lo que se forman varias imágenes de cada objeto.
- Visión de halos coloreados.
- Cambio de apreciación de los colores porque se absorben los rayos con menor longitud de onda; los rojos se acentúan.

Conforme la opacidad se extiende y se hace más densa, se afecta la agudeza visual central, el deterioro depende de la densidad y localización de la opacidad. Los síntomas también pueden estar relacionados con los diferentes tipos de cataratas:

- Si ésta es periférica, como en la catarata senil cortical, el impulso visual se retrasa mucho y la visión mejora si la pupila se contrae con la luz brillante.
- Si la opacidad es central, el deterioro visual es temprano, el paciente ve mejor cuando la pupila se dilata con luz tenue.
- A menudo, las cataratas corticales posteriores disminuyen la visión central de manera desproporcionada al grado de opacidad que se observa.
- Cuando la esclerosis nuclear es importante, los cambios en el índice de refracción producen miopía progresiva, por este motivo un paciente que tenía presbicia puede leer de nuevo sin ayuda de sus gafas, cuando desarrolla esclerosis nuclear senil; refiere su mejoría visual como una «segunda vista».
- En las cataratas subcapsulares posteriores se dan frecuentes destellos por luces brillantes.

Conforme avanza la opacificación, la agudeza visual desciende hasta que sólo se percibe la luz. En muchos casos de catarata senil avanzada, el sujeto aún puede contar dedos a poca distancia o al menos movimientos de la mano; sin embargo, en todos los casos se debe percibir bien la luz e indicar en forma precisa de dónde proviene.

Las diferencias funcionales (Stifter E, 2006) entre la catarata nuclear, cortical y subcapsular posterior se aprecian al realizar una serie de cuestionarios previos a la cirugía de cataratas. A pesar de que la agudeza visual es comparable en los tres tipos de catarata, los pacientes con catarata subcapsular posterior, tiene mayor alteración de la visión lejana y cercana que los pacientes con catarata cortical o nuclear, por tanto, la catarata que ha demostrado un mayor descenso de la visión funcional es la subcapsular posterior haciendo necesaria una intervención más temprana que en los otros tipos de catarata.

El tratamiento más adecuado hoy en día es la facoemulsificación<sup>24</sup>. Se ha demostrado una relación exponencial entre el tiempo y la energía requerida en la cirugía de la facoemulsificación con respecto a la coloración y la opacidad previa de la catarata. Por tanto, una adecuada clasificación preoperatoria de la catarata, nos permite organizar, valorar y definir el plan quirúrgico adoptando así el tratamiento

más adecuado en cada caso. Ahora explicaremos las diferentes clasificaciones que podemos encontrarnos.

### **1.2.2.B. CLASIFICACIÓN LOCS: “THE LENS OPACITIES CLASSIFICATION SYSTEM”.**

Dentro de los sistemas clásicos de clasificación de cataratas se encuentran la clasificación LOCS: “The Lens Opacities Classification System”.

Este sistema de clasificación fue modificado en varias ocasiones con el fin de incorporar mejoras que se adecuasen a las necesidades crecientes de mayor precisión en la clasificación de la catarata, siendo la LOCS III la versión más utilizada hoy en día.

- **LOCS I** (Leske MC, 1995)

En el año 1988 se creó este sistema de clasificación de cataratas seniles en el que se utilizaban como referencia fotografías estándar obtenidas bajo iluminación directa con lámpara hendidura y por retroiluminación.

Esta clasificación utiliza una serie de fotografías en blanco y negro obtenidas por retroiluminación para las cataratas corticales (C) y subcapsulares posteriores (P) y fotografías en color tomadas con lámpara hendidura para clasificar las cataratas nucleares en función del color y la opacidad nuclear (N).

Siguiendo este sistema, se da un valor numérico de 0 a 2, siendo 0 la ausencia de opacidad, 1 opacificación precoz y 2 catarata definitiva. Unos ejemplos:

- N0P0C0: cristalino no opacificado.
- N0P0C2: catarata cortical.
- N0P1C0: catarata temprana subcapsular posterior.

- **LOCS II** (Mariani G, 1991)

Esta clasificación se realizó en 1989, es una versión más completa que la anterior. Se utiliza un conjunto de imágenes a color obtenidas por lámpara hendidura y por retroiluminación, para valorar los distintos grados de cataratas nuclear, cortical y subcapsular.

La mayor diferencia con respecto a la versión anterior es el número de imágenes de referencia:

- Cuatro imágenes para valorar la opacidad y la coloración nuclear.
- Cinco imágenes estándar de catarata cortical.
- Cuatro imágenes para subcapsular posterior.
  - **LOCS III** (Chylack LT Jr, 1993)

El sistema de clasificación de opacidades de cristalino versión III (The Lens Opacities Classification System III) es una forma mejorada de clasificación de cataratas seniles basada en los datos aportados por el estudio de una serie de ojos con lámpara hendidura y retroiluminación (Fig.3). Con este mejorado sistema, hemos conseguimos soslayar las limitaciones de la LOCS II (1989) realizando los siguientes ajustes:

- Los grados de la catarata que establecen el color del núcleo (NC) han pasado de cuatro, en la LOCS II, a seis en la LOCS III.
- Se ha establecido una relación entre la escala de referencia del color del núcleo (NC) y dos medidas objetivas del mismo.
- Se han expandido las escalas que definen la opacidad nuclear (NO).
- Ha permitido seleccionar grados intermedios de catarata entre los estándares establecidos.
- Permite medir valores intermedios de NO y NC.
- Valora estadios tempranos de catarata subcapsular (P).
- Utiliza una escala decimal con un límite de confianza del 95%.

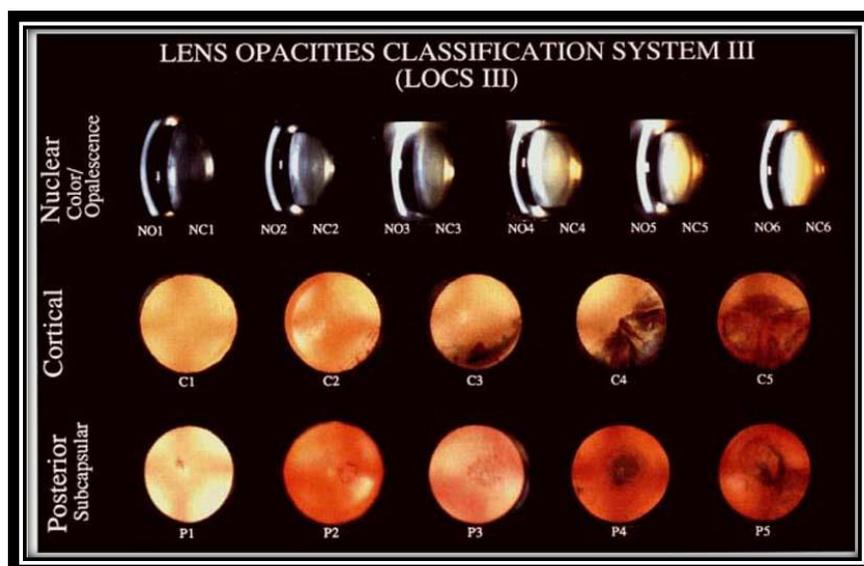
Método de valoración:

- NO y NC: se han seleccionado fotografías en color (Center for clinical cataract Research, Boston) de 5 x 5, de ojos con NO o NC, pero con mínima catarata cortical (C).
- Catarata cortical (C): cada uno de los estándares de catarata cortical han sido obtenidos de imágenes realizadas mediante retroiluminación, midiendo el porcentaje de área pupilar opacificado.
- Catarata subcapsular posterior (P): se han recogido fotografías del Lens Opacities Case-Control Study, seleccionando aquellas con evidencia de p, pero sin una C significativa, obteniendo cinco imágenes que oscilan entre una p muy escasa y una muy significativa.

Reglas generales:

- Todos los estándares, se miden por intervalos numéricos sin contar el 0, el valor asignado indica en qué lugar clasificamos la catarata a estudio o catarata problema.
- Las escalas oscilan entre 0,1 (claridad o no coloración) hasta 5,9 (muy opaco en caso de C y P) o 6,9 (muy opaco o turbio en caso de NO o NC)
- Se utilizan intervalos de 0,1 unidades; por tanto, una catarata clasificada como 2,5 se incluirá en un valor intermedio entre los estándares 2 y 3.
- La opacidad nuclear (NO) se obtiene al comparar la imagen tomada con lámpara hendidura con los estándares referencia de opacidad nuclear intervalos de 0,1 a 6,9).
- La coloración nuclear (NC) se hace de forma similar a la anterior comparando el color de la catarata problema con los estándares de la primera fila (intervalos de 0,1 a 6,9)
- La catarata cortical (C) se visualiza en imágenes por retroiluminación tomadas bien en el plano del iris (anteriores), bien en el de la cápsula posterior del cristalino (posteriores). Se valorarán en intervalos desde 0,1 a 5,9.
- Para valorar la catarata subcapsular posterior (P) se utilizan imágenes de cápsula posterior con luz indirecta, comparando con los estándares del 1 al 5 asignando valores desde 0,1 a 5,9.

La clasificación LOCS III es una forma objetiva de conocer la opacidad cristaliniiana, nos puede dar gran información sobre las posibles complicaciones de la cirugía de catarata.



**Fig. 10. Clasificación de las opacidades cristaliniianas según sistema LOCS III.**

### 1.2.2.C. TENDENCIAS ACTUALES

Actualmente se están utilizando técnicas que eliminan totalmente la subjetividad y que permitan objetivar la información recogida. Entre tales sistemas, destacaríamos clasificaciones que designan en función de la coloración del núcleo, la dureza, su diámetro y espesor nuclear mediante una serie de fórmulas, o bien en función del color del núcleo y la concentración de sodio y proteínas. Otra vía de eliminar subjetividades es mediante el cálculo de densitometrías del cristalino basado en métodos con cámara Scheimpflug (Peix X, 2008). Éstos u otros métodos similares estarán en uso clínico en el futuro inmediato. El futuro de los sistemas de clasificación está en estos nuevos métodos que, además, serán de gran valor a la hora de programar los parámetros óptimos para realizar la facoemulsificación minimizando así el daño producido por los ultrasonidos.

La correcta clasificación de la catarata es un proceder de gran importancia en nuestra práctica clínica, pero cuya importancia se infraestima en muchas ocasiones. Debemos insistir en la necesidad de clasificar adecuadamente las cataratas; tal esfuerzo es de gran utilidad tanto para realizar estudios epidemiológicos, indicaciones quirúrgicas, valoración adecuada de la técnica de facoemulsificación requerida, así como para tener en cuenta las posibles complicaciones que pueda haber durante la cirugía.

### 1.2.3. BREVE HISTORIA DE LA CIRUGIA DE LA CATARATA.

Con frecuencia se cita como primera referencia escrita los conocidos artículos del **código de Hammurabi** (1792-1750 a. C.), en los que se establecen los honorarios médicos por realizar una intervención sobre el ojo, así como el castigo en caso de que el resultado fuese la pérdida del mismo:

Ley 215: Si un médico ha tratado a un hombre libre de una herida grave mediante la lanceta de bronce y el hombre cura; si ha abierto la nube de un hombre con la

lanceta de bronce y ha curado el ojo del hombre, recibirá diez siclos de plata.

Ley 216: Si se trata de un plebeyo, recibirá cinco siclos de plata.

Ley 217: Si se trata del esclavo de un hombre libre, el amo del esclavo dará al médico 2 siclos de plata.

Ley 218: Si un médico ha tratado a un hombre libre de una herida grave mediante la lanceta de bronce y lo ha hecho morir, o si ha abierto la nube de un hombre con la lanceta de bronce y destruyó el ojo de este hombre, se cortarán sus manos.

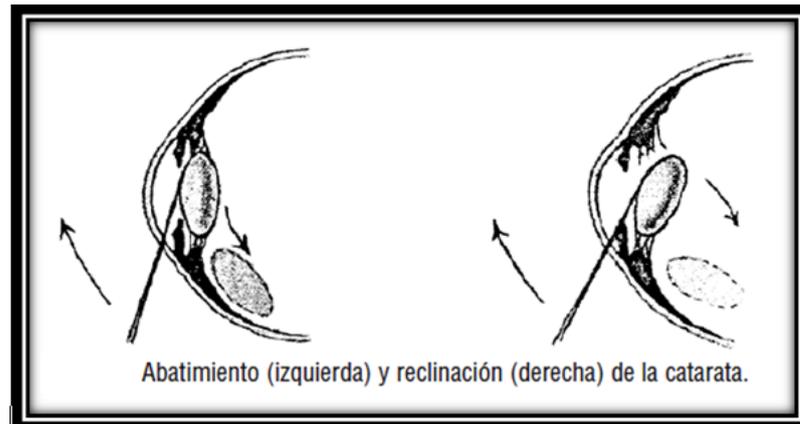
Ley 219: Si un médico ha tratado una herida grave al esclavo de un plebeyo con el punzón de bronce e hizo morir al esclavo, devolverá esclavo por esclavo.

Ley 220: Si ha abierto la nube con la lanceta de bronce y destruyó el ojo, pagará en plata la mitad del precio del esclavo.

Sin embargo, existen dudas sobre el significado real del término «na-kap-tu», que unos traducen como «nube», y otros directamente como «catarata». Es posible incluso que estos artículos hagan referencia al tratamiento de algún tipo de patología corneal y no al abatimiento de la catarata.

La primera descripción de la técnica de abatimiento de la catarata se encuentra en antiguos textos de la medicina india, en la obra de **Súsruta**, quien se cree que vivió hacia el año 600 antes de Cristo, y que fue el creador de la cirugía hindú (Cari, 2003). En su obra «Susruta-Samhita» describe con detalle los diferentes tipos de catarata y la técnica quirúrgica. La técnica consistía en desplazar o luxar el cristalino «in toto» empujándolo con un instrumento hacia la cavidad vítrea para dejar libre el área pupilar y permitir al paciente recuperar cierta visión, aunque desenfocada por la falta de corrección óptica de la consiguiente afaquia. Para la operación se utilizaba generalmente una aguja curva que se introducía en el lado temporal «cerca de la línea de separación de la parte blanca y negra del ojo». La **reclinación** y sus variantes más o menos intencionales se mantuvieron durante todo el primer milenio de nuestro tiempo y buena parte del segundo. **Galeno** (130-200 d.C.), la figura más importante de la medicina antigua después de Hipócrates, hablaría del tratamiento de la catarata y aunque existe alguna polémica sobre el asunto, parece que conocía la técnica del abatimiento. Probablemente también conocía la diferencia entre los antiguos conceptos de catarata y glaucoma.

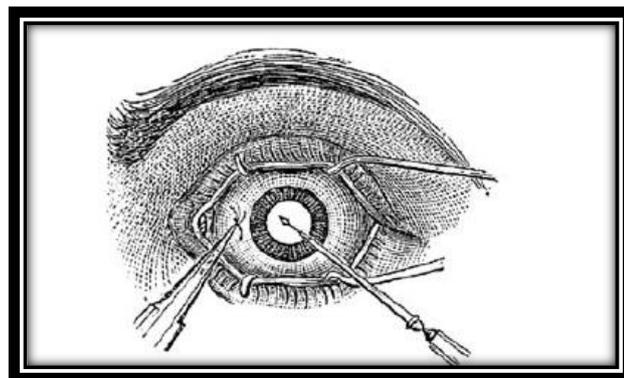
Al lado del abatimiento y la extracción extracapsular se desarrollaron otras técnicas que en determinados momentos y regiones alcanzaron alguna prevalencia: la succión de la catarata (cirujanos árabes), la fragmentación o la discisión (cataratas blandas), y la reclinación (como variante mejorada del abatimiento).



**Fig. 11. Abatimiento y reclinación**

El origen de la **técnica de la succión** (Murube, 2004) ha estado rodeado de cierta confusión. Varios autores árabes recogen en sus textos una cita del médico romano Antyllus en la que se menciona cómo algunos cirujanos extraían la catarata a través de una incisión corneal inferior o la aspiraban introduciendo por dicha incisión un tubo de cristal. Probablemente estos comentarios fueron añadidos a la obra original de Antyllus (que no ha llegado hasta nuestros días) en su transcripción al árabe. Parece claro que la técnica de aspiración de la catarata es originariamente árabe. El segundo procedimiento de succión se debe al cirujano Ammar al-Mausilí. Ammar había practicado largamente el abatimiento de la catarata, cuando ideó (c. 1000 d.C.) un nuevo método para tratarla. Este consistía en la succión de la catarata a través de una aguja metálica hueca trifacetada, hecha de cobre o de una aleación de oro.

En 1797 Conradi describe la reabsorción de la catarata blanda tras la apertura de la cápsula anterior. El término **discisión** no se introducirá hasta 1824.



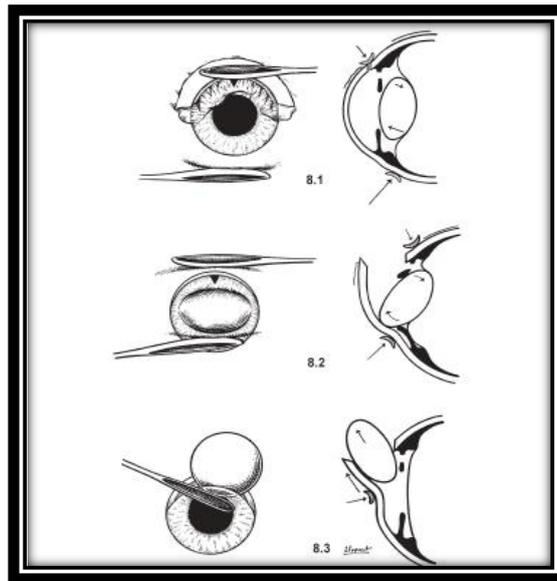
**Fig. 12. Discisión de la catarata.**

A mediados del siglo XVIII, Jacques Daviel describe la **extracción extracapsular** de la catarata (Daniel M. Albert, 1999). Fue el primero en practicar, en 1747, deliberadamente una extracción planeada de catarata para resolver lo que en aquellos tiempos se consideraba una de las peores complicaciones de la reclinación: la luxación del cristalino en la cámara anterior. Para hacer frente al problema practicó una incisión más amplia en el limbo inferior con un cuchillete lanceolar y levantando el colgajo corneal con una pinza introdujo una aguja detrás del cristalino para expulsarlo. A partir de entonces continuó sus pruebas y experimentos en ojos de cadáver hasta que en 1750 decidió no seguir practicando más reclinaciones para operar las cataratas. En 1752, presentó su nueva técnica en la Real Academia de Cirugía de París habiéndola utilizado en 115 casos, 100 de ellos con buen resultado.

Modificaciones posteriores como la introducida por von Graefe (extracción lineal), el uso de la anestesia y la adopción de las medidas de asepsia y antisepsia, y más tarde la utilización de suturas, convirtieron a esta técnica en el método ideal para la curación de la catarata.

La **cirugía intracapsular** se inicia a mediados del s. XVIII y se desarrolla con cierta timidez durante el XIX, alcanzando su madurez a principios del siglo XX.

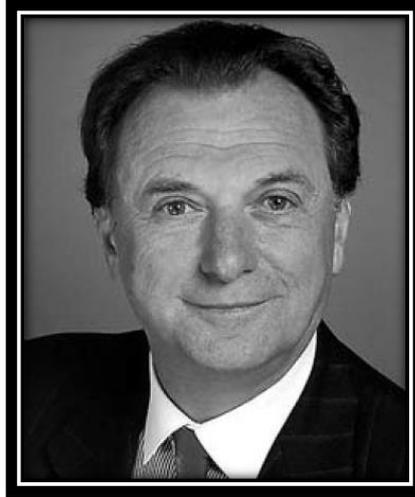
La **expresión** fue un método descrito por Smith (1910). La extracción del cristalino en su cápsula se logra mediante presiones y contrapresiones aplicadas a través de la esclerótica, que rompen la zónula y expulsan el cristalino de la cámara posterior hacia la incisión operatoria (Fig. 13). La ventaja de este método consistía en evitar la introducción de instrumentos en la cámara anterior con lo que el traumatismo sobre el endotelio corneal, sobre el iris y sobre la cápsula del cristalino era mínimo. Su principal inconveniente era el peligro de pérdida de vítreo por compresión excesiva o mal aplicada. Tanto la extracción con ventosa como la que utiliza la pinza o el método de Smith podían combinarse con la liberación previa del cristalino mediante zonulolisis enzimática (Joaquín Barraquer, 1958), o con algún tipo de zonulotomía directa mecánica previa, como la descrita por Kirby, en 1950.



**Fig. 13. La expresión de la catarata.**

Durante el siglo XX multitud de cirujanos fueron describiendo diferentes formas de extraer la catarata, modificando incisiones, suturas, técnicas y asepsia.

Aunque el reto de la técnica de la pequeña incisión (Daniel M. Albert, 1999) lo asume Charles D. Kelman (Fig. 14) nacido en Brooklyn y graduado en Ginebra; lo intenta al principio con pequeños taladros y otros elementos rotadores que si bien destruyen la catarata producen también graves lesiones en el globo ocular, especialmente en córnea; estando un día en su dentista descubre la utilización que hacen estos para la limpieza dental con los ultrasonidos, por lo que empieza a diseñar los aparatos de ultrasonidos combinados con irrigación aspiración para emulsificar y extraer las cataratas. Desde que en 1958, siendo Charles D. Kelman residente en el Wills Eye Hospital, tuvo la idea y la voluntad de extraer la catarata por una pequeña incisión, hasta que en 1967 publica su primer trabajo sobre la técnica en el American Journal of Ophthalmology, transcurrieron nueve años de múltiples y variados intentos. Parece ser que la primera faco duró cuatro horas y se necesitaron apoyos externos para sostener la pieza de mano.



**Fig. 14. Charles D. Kelman.**

La facoemulsificación entra en la práctica quirúrgica en la década de los 70, siendo su introducción muy lenta, ya que la complejidad y difícil puesta a punto de los aparatos provocó en principio una corriente en contra de su utilización.

El avance de la electrónica y la mecánica, que repercutió en el consiguiente perfeccionamiento de los aparatos, añadido al cambio en las técnicas principales (especialmente la extracapsular con más respeto para el endotelio) y a la cirugía ambulatoria, hacen que en la década de los 80 esta técnica entre con fuerza en EEUU y se difunda en Europa.

El futuro parece apuntar a la **cirugía por láser femtosegundo** (Abouzeid H, 2014). Esta tecnología fue introducida en 2008 en la cirugía de cataratas y es un nuevo avance tecnológico prometedor que desempeña un papel cada vez mayor ya que automatiza los tres principales pasos quirúrgicos: incisión corneal, capsulotomía y la fragmentación de la lente. Aunque parece apuntar a una serie de ventajas respecto a la cirugía estándar, todavía le queda un largo camino para perfeccionarse e implantarse como la nueva cirugía de referencia, sobre todo para justificar el gran extra-coste que supone.



**Fig. 15. Cirugía de la catarata por láser femtosegundo.**

Sin embargo, a pesar de todos estos avances y por increíble que parezca, el abatimiento todavía se practica hoy en día en algunas regiones de Asia y África por los llamados «cirujanos ambulantes».

### **1.3. ACOMODACIÓN**

#### **1.3.1. CONCEPTO DE ACOMODACIÓN.**

El mecanismo de la acomodación (Kaufman PL, 2003) es uno de los aspectos más estudiados y complejos de la fisiología del cristalino. Se define como un cambio en el poder dióptrico del ojo, que permite enfocar objetos cercanos debido a la contracción del músculo ciliar. Es un proceso dinámico; por lo tanto, no se considera acomodación simplemente a la capacidad de enfocar objetos de lejos y de cerca. Es importante diferenciar tres conceptos:

- A) Acomodación fáquica.
- B) Acomodación pseudofáquica.
- C) Pseudoacomodación.

A) Acomodación fáquica.

La contracción del músculo ciliar produce un cambio en la curvatura del cristalino, lo que aumenta el poder dióptrico del ojo, permitiendo así enfocar objetos cercanos.

B) Acomodación pseudofáquica.

La contracción del músculo ciliar produce un desplazamiento antero-posterior de una lente intraocular acomodativa, aumentando el poder dióptrico del ojo, permitiendo así enfocar objetos cercanos.

C) Pseudoacomodación.

Consiste en la capacidad de enfocar objetos de lejos y de cerca, sin que se produzca un cambio en el poder dióptrico del ojo. Ésta es la que proporcionan, entre otras, las gafas progresivas, las lentes de contacto, las lentes intraoculares multifocales o ciertas ablaciones corneales multifocales.

### **1.3.2. TEORÍAS DE LA ACOMODACIÓN.**

#### **1.3.2.A. TEORÍA DE HELMHOLTZ**

Helmholtz proporcionó la primera descripción detallada de la anatomía y del mecanismo de la acomodación (Kaufman PL, 2003). Según su descripción, en estado de reposo (no acomodado), las tensiones en la zónula adherida en el ecuador del cristalino mantienen el cristalino aplanado, por lo tanto, en estado de no acomodación. Las fibras zonulares se extienden desde los procesos ciliares hacia su inserción en la cápsula del cristalino, en la zona ecuatorial. Cuando el músculo ciliar se contrae en un esfuerzo acomodativo, este sufre una redistribución centrípeta de su centro de gravedad. Esto desplaza el ápex antero-interno del cuerpo ciliar hacia el ecuador del cristalino para relajar la tensión de las fibras zonulares. Cuando la tensión de las fibras zonulares se relaja, la cápsula, al ser elástica, moldea el cristalino, disminuyendo el diámetro ecuatorial, incrementa el grosor, y permite que las superficies anterior y posterior del cristalino aumenten su curvatura. Helmholtz percibió que la superficie anterior del cristalino se desplaza hacia delante y que su curvatura se incrementa.

Esta afirmación la demostró mediante la observación de la minificación de la tercera imagen de Purkinje reflejada en la superficie anterior del cristalino. También observó una aparente minificación de la imagen de Purkinje de la superficie posterior del cristalino, y concluyó de sus cálculos que la superficie posterior aumenta levemente su curvatura, pero sin un apreciable movimiento. De estas observaciones sugirió que el grosor del cristalino aumenta 0,5 mm con la acomodación, y ya que el volumen del cristalino es constante, tiene que haber una disminución del diámetro ecuatorial.

Helmholtz también observó que la forma del cristalino cambia y éste aumenta su grosor cuando se corta la zónula. Él no creyó en la existencia de un músculo cristalino (musculus crystallinus), como otros habían sugerido previamente, pero Helmholtz no consigue dar una explicación al cambio de forma del cristalino con la relajación zonular. De estas observaciones Helmholtz concluyó que el músculo ciliar era el responsable de la acomodación. Helmholtz conocía la descripción de Müller de las fibras circulares del músculo ciliar, y apreció que actuaba como un esfínter en conjunto con las fibras meridionales y radiales. En particular las fibras circulares y meridionales mueven la punta del músculo ciliar hacia el ecuador del cristalino para relajar las fibras zonulares.

Helmholtz no pudo asegurar si eran los procesos ciliares los que empujaban el cristalino de forma directa como pasa en los pájaros, ya que nunca pudo visualizar el margen del cristalino. Esto, a pesar de ser poco probable en humanos, se puede apreciar en situación de máxima acomodación en ojos de mono iridectomizados<sup>43</sup>. Helmholtz propuso una detallada explicación de cómo ocurre la acomodación, de su mecanismo, pero no describe cómo el cristalino acomoda. Nunca mencionó el papel de la cápsula, ni de las fibras zonulares posteriores, ni de la elasticidad del anclaje posterior del músculo ciliar en la coroides, todas las cuales hoy en día se conoce desempeñan un papel muy importante en el mecanismo de la acomodación. Helmholtz también creía que la cápsula posterior no se movía, y ahora se conoce que esto sí que pasa.

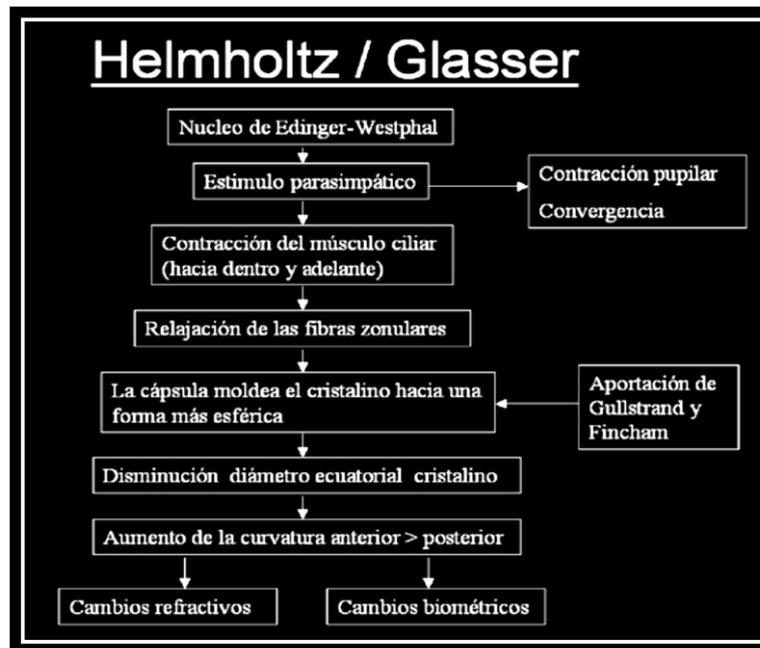


Fig. 16. Resumen de la teoría de Helmholtz.

### 1.3.2.B. TEORÍA DE TSCHERNING

Tscherning retó a Helmholtz argumentando que con la acomodación hay un incremento en la tensión zonular, traccionando el ecuador del cristalino, aumentando la curvatura de la parte central del cristalino, mientras a la vez se aplanan la periferia. Esto sucede debido a la mayor resistencia y más pronunciada curvatura que ofrece el núcleo del cristalino. En otras palabras, con una tracción de las fibras zonulares, el córtex blando es moldeado alrededor del núcleo, que es más rígido, así las curvaturas centrales del cristalino, adoptan la forma curvada de la superficie del núcleo cristaliniano. Tscherning también propone un papel del vítreo (Kaufman PL, 2003), aplicando éste una fuerza en la superficie posterior del cristalino ayudando así en el mecanismo de la acomodación. El mecanismo de la acomodación propuesto por Tscherning no requiere un cambio significativo en la anatomía del aparato acomodativo como propone Helmholtz. Los estudios de Tscherning se basaban en una afirmación de Young, que dice que la amplitud de acomodación disminuye hacia la periferia de la pupila. Tscherning observó en su propio ojo que, con la acomodación, la refracción en el centro de su pupila aumentaba más que la refracción en la periferia. Tscherning llegó a esta conclusión mediante los cambios en la función de dispersión de

un punto (point spread function) en su ojo y poniendo un optómetro de doble franja de Young en el centro y hacia la periferia de su pupila durante la acomodación.

Tscherning creía que la hipótesis de Helmholtz era incorrecta debido a que no daba ninguna explicación a su descubrimiento previamente descrito. Tscherning creyó que esto solo podía ser debido a un aumento de curvatura en la parte central del cristalino, y un aplanamiento en la periferia de éste.

### **1.3.2.C. TEORÍA DE SCHACHAR**

Schachar también propone que la acomodación ocurre debido a un incremento en la tensión zonular, así como la teoría de Tscherning. La diferencia con Tscherning es que Schachar describe una modificación significativa de la anatomía acomodativa. Describe que las zónulas insertadas en la cara anterior del músculo ciliar, se mueven hacia atrás con un esfuerzo acomodativo. También describe que la unión de las zónulas en el ecuador de la capsula del cristalino es en forma de racimos, unos se insertan en la cara anterior, en el ecuador y en la cara posterior, y que la tensión en estos diferentes subgrupos puede ser diferentemente ajustada durante la acomodación. Como Tscherning describe que, con la contracción del músculo ciliar, hay un incremento en la tensión zonular en el ecuador del cristalino, pero la tensión en las fibras zonulares adheridas en la cara anterior y posterior, se relajan durante la acomodación. Schachar describe que el incremento en la tensión zonular en el ecuador del cristalino resulta en un incremento en el diámetro ecuatorial del cristalino, pero que la relajación en la tensión de las zónulas adheridas en la cara anterior y posterior del cristalino resulta en un aplanamiento de las superficies periféricas, y un incremento de curvatura en el centro del cristalino.

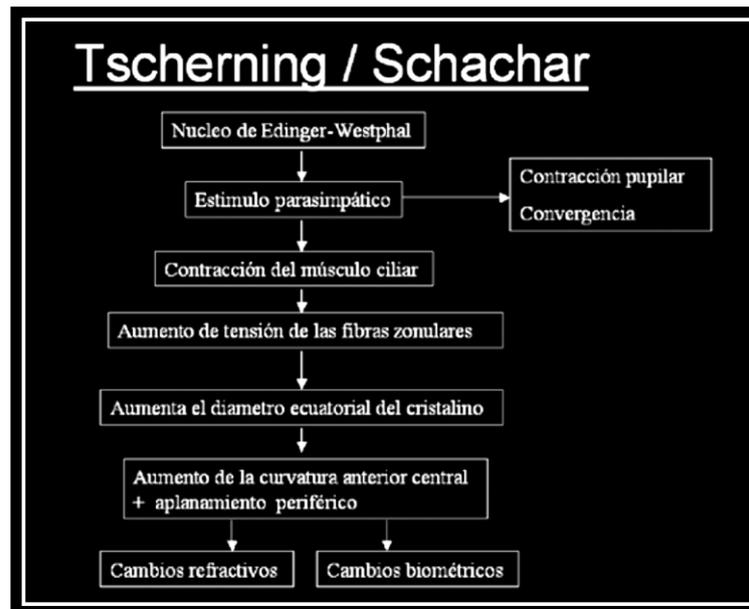


Fig. 17. Resumen de la teoría de Tscherning.

### 1.3.2.D. CONTROVERSIAS.

Tscherning demostró su teoría de la acomodación con cristalinos de bovino. Observó que con una presión centrípeta del ecuador las superficies anterior y posterior del cristalino se aplanaban, y con una presión centrífuga, aumentaba la curvatura de la superficie anterior. Schachar hizo estudios similares con cristalinos de bovino, y reportó un aumento en el poder dióptrico del cristalino con una fuerza centrífuga aplicada al ecuador del cristalino.

La cuestión es que el cristalino bovino y el de primates no se parecen en nada. Además, el cristalino bovino no parece que acomode en circunstancias fisiológicas, ya que tiene un músculo ciliar diminuto, y un cristalino que es más grueso, más esférico, y más duro que el de los primates. Por lo tanto, es inapropiado sacar conclusiones del mecanismo de acomodación en primates, estudiando los cristalinos bovinos. Cuando se realizan estudios en cristalinos de primates (Glasser A K. P., 1999), se obtienen resultados diametralmente opuestos a los hallados por Tscherning y Schachar, que lo hicieron con cristalinos bovinos. La aplicación de una fuerza centrífuga en el ecuador del cristalino de primates jóvenes, causa una disminución en el poder refractivo del cristalino debido a un aplanamiento en la superficie del cristalino, así como Helmholtz describió.

Existen otras evidencias en contra de la teoría de Schachar. La primera es que, si aplicamos una tensión en la zónula, como postula él que hay durante la

acomodación, se esperaría una disminución del grosor del cristalino. Schachar no describe ningún cambio en el grosor del cristalino, y Tscherning no encontró ningún cambio en el grosor axial del cristalino bovino simulando la acomodación, y si miramos los 150 años de investigación sobre la acomodación, se describe y se documenta un aumento del grosor del cristalino. Por ejemplo, estudios con ultrasonidos en modo A con el transductor adherido a la esclera por succión para evitar mínimos movimientos, o mediante interferometría de coherencia parcial, una medida de no contacto de alta precisión. Estas técnicas demuestran un aumento del grosor del cristalino de 0,5 mm (10%) y una disminución de la cámara anterior y de la cámara vítrea. Este fenómeno no podría darse mediante la aplicación de una tensión en el ecuador como propone Schachar en su teoría.

Otra razón que contradice la teoría de Schachar es que describe tres grupos diferenciados en la zónula ecuatorial, los racimos que van a la cápsula anterior, los de ecuador y los de la cápsula posterior, pero estudios de microscopia electrónica y estudios anatomopatológicos directos en ojos enucleados no lo describen así. Además, describe que las fibras zonulares ecuatoriales se anclan en la parte anterior del músculo ciliar, justo por detrás de la raíz del iris, zona que Schachar cree que se mueve de forma centrífuga durante la acomodación.

Está demostrado, por estudios anatomopatológicos directos, que la zónula se ancla a lo largo de la pars plicata. Otras evidencias en contra de las teorías de Tscherning y Schachar: en sus teorías se requiere un cierto retroceso de alguna parte del músculo ciliar para obtener un aumento en la tensión zonular. Esto se demuestra de forma clara que no es así, mediante el estudio de la acomodación en pacientes con aniridia, donde se percibe claramente que los procesos ciliares se desplazan hacia el cristalino, y que el diámetro ecuatorial disminuye con la contracción del músculo ciliar. Esto desmiente las teorías de Tscherning y Schachar, aunque este último ha propuesto cómo el músculo ciliar se contrae para conseguir la tensión de las zónulas ecuatoriales durante la contracción del músculo ciliar, basado en la histología, pero no hay ninguna demostración empírica de esta teoría, y los estudios de biomicroscopía ultrasónica y goniovideográficos, no dan soporte al mecanismo de acción descrito por Schachar.

Además, estudios de biomicroscopía ultrasónica, describen un movimiento hacia delante del ápex del músculo ciliar, en lugar de hacia atrás como supone Schachar.

Por último, la teoría de Schachar requiere un movimiento del ecuador del cristalino de 50  $\mu\text{m}$  hacia la esclera durante la acomodación, pero con gonioscopia o biomicroscopía ultrasónica en ojos de monos iridectomizados demuestran un movimiento del ecuador del cristalino de 0,25 mm, pero alejándose de la esclera de forma concéntrica, a la inversa de lo que propone Schachar. Además, el hecho de que el cristalino caiga un poco por efecto de la gravedad durante la acomodación demuestra que hay una relajación de la zónula, más que un aumento de tensión.

### **1.3.3. APUNTE A LA PRESBICIA.**

La presbicia se define como la pérdida de la capacidad de acomodar que sucede inevitablemente a todos los seres humanos. La presbicia es la dolencia ocular más frecuente en la humanidad y su fisiopatología permanece incierta en la actualidad, factor que conlleva que tampoco se disponga de un sistema para restaurar la acomodación, resolviendo de forma eficaz la presbicia, aunque existen varios métodos ópticos de corrección de la misma. Aunque no es una alteración que produce ceguera, los costes necesarios para su corrección, en forma de ayudas ópticas, pérdida de productividad de los pacientes presbíta si van mal corregidos, y actualmente las incipientes técnicas quirúrgicas para corregirla, suponen un gran gasto económico. Es por esto de gran importancia el estudio fisiopatológico de la presbicia, para conseguir una restauración dinámica de la acomodación.

### **1.3.4. CORRECCIÓN DE LA ACOMODACIÓN.**

Una variedad de opciones está disponible para la corrección óptica de la presbicia. Todos los tipos de correcciones para la presbicia representan un compromiso visual, en comparación con la capacidad de acomodación normal. El éxito del tratamiento depende de la potencia de la lente, la corrección óptica, las tareas visuales específicas, las características de cada paciente y el nivel educacional del

paciente. Todas estas opciones tienen como objetivo conseguir la visión más eficiente y confortable tanto en visión lejana como en visión próxima (Glasser A C. M., 1998).

### **1.3.4.A. COMPENSACIÓN ÓPTICA.**

#### **1.3.4.A.1. LENTES OFTÁLMICAS.**

Esta es la opción tradicional mediante lentes de diversos diseños y por lo tanto diferentes aplicaciones:

- Monofocales: sólo para corregir la presbicia. Estas gafas están indicadas para aquellas personas que ven bien para todas las distancias excepto de cerca. La desventaja de estas gafas es que distorsionan la imagen de visión lejana e intermedia y obligan al presbita a llevarlas siempre consigo, incluso aunque no las esté usando, sobre todo si en su actividad diaria necesita ver de cerca frecuentemente.
- Bifocales: son gafas que corrigen los defectos tanto para la visión lejana como la cercana, la parte inferior del cristal contiene un segmento pequeño para la visión próxima. El inconveniente que tienen estas gafas es que no corrigen la visión intermedia
- Progresivas: permite ver a todas las distancias, contiene un recorrido para la distancia intermedia. El principal inconveniente de estas gafas de presbicia es que requieren un mayor tiempo de adaptación, para aprender a mirar por la zona correcta de los cristales. A veces no resultan confortables y puede que no sean bien toleradas.

#### **1.3.4.A.2. LENTES DE CONTACTO.**

La creciente preocupación por la estética hace que la opción de compensar la presbicia con lentes de contacto cobre más protagonismo. Las lentes de contacto pueden ser permeables al gas, de hidrogel o de hidrogel-silicona, siendo estas últimas las más usadas actualmente. Existen varias opciones:

- Lentes de contacto refractivas: multifocal con zonas alternas de lejos y de cerca.

- Lentes de contacto difractivas: usan el principio de Fresnel. Se trata de una lente multifocal con anillos concéntricos que crean dos focos uno de lejos y otro de cerca.
- Lentes de contacto monocular: utilizando el concepto de monovisión. En el ojo dominante la lente que lleva la corrección de lejos y el no dominante la corrección de cerca.

### **1.3.4.B. TÉCNICAS QUIRÚRGICAS.**

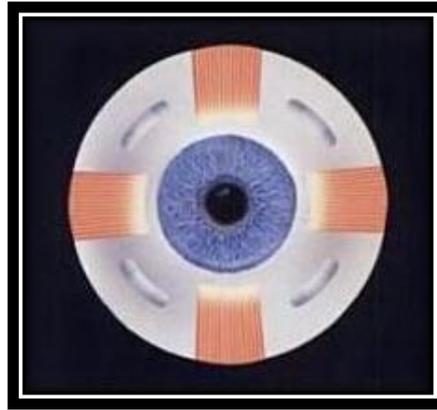
Numerosas alternativas se han barajado en los últimos tiempos para corregir quirúrgicamente la presbicia. Actualmente las lentes intraoculares multifocales, o monofocales para realizar monovisión, o las lentes acomodativas son opciones muy efectivas. Las técnicas de alteración corneal, como el LASIK con perfil multifocal representan una nueva alternativa, con visión multifocal aceptable (Telandro AP, 2006). La búsqueda de la corrección quirúrgica de la presbicia ha sido un objetivo perseguido con resultados dispares. Algunos muy eficientes, como los lentes intraoculares, y otros no tanto. A continuación, explicaremos las técnicas que actualmente los cirujanos manejan para conseguir reducir el uso de las gafas.

#### **1.3.4.B.1. TÉCNICAS ESCLERALES.**

Estas técnicas se realizan sobre esclerótica para restablecer la distancia fisiológica entre el músculo ciliar y el ecuador del cristalino, basadas en la teoría de Schachar sobre la acomodación e incluye:

- **Expansión escleral**

Se colocan Segmentos de plástico en la esclerótica con el fin de sostener la pared del ojo, y estirar el cristalino. Este procedimiento tensa las zónulas, permitiendo así, que el músculo ciliar funcione más eficientemente, y restaurar el reflejo de acomodación. Richard Yee realizó un estudio multicéntrico entre Francia, México, EE.UU. y otros países, con más de 80 pacientes entre 45 y 65 años. Se operó el ojo dominante para cerca. Se realizaron cuatro túneles esclerales 2 mm posteriores al limbo, con una profundidad de 50 micras, una longitud de 4 mm y localizados en las posiciones 1:30, 4:30, 7:30 y 10:30 del reloj. A través de los túneles se pasan las bandas de PMMA de 4.5 mm para expandir la esclera circunferencialmente entre 600 y 800 micras, para luego suturar conjuntiva.



**Fig. 18. Bandas de expansión escleral.**

Los resultados obtenidos con esta técnica en 120 pacientes operados, arrojaron un promedio de acomodación de 3.00 D (1.50 D - 7.00 D). Pero las complicaciones frecuentes en el post-operatorio, como erosión conjuntival, isquemia del segmento anterior y perforación escleral, obligaron a considerar muy bien la cirugía antes de realizarla (Hee Joon Kim, 2006).

- **Relajación escleral (esclerotomía ciliar anterior).**

Fue propuesta por Thornton y presentada luego por Fukasaku (Fukayasu, 1998). Es similar a la queratotomía radial corneal. La técnica pretende recuperar la tensión de las zonas ecuatoriales al aumentar la circunferencia de la esclera con incisiones relajantes, lo que permite un aumento del espesor central del cristalino y una elongación del diámetro del mismo. Durante este procedimiento, el cirujano efectúa alrededor de ocho incisiones en la esclerótica, de manera radial. Estas incisiones realizadas en el limbo, miden 3 mm, y tienen una separación entre las incisiones de 2 mm y una profundidad de 95% de la medida del espesor escleral, lo suficientemente profunda para ver la coloración azul violácea del tracto uveal. Según Fukasaku<sup>50</sup>, los resultados obtenidos en 12 pacientes de 48 a 66 años, permiten un incremento en la acomodación promedio de 1.7 D (1.25 D - 2.30 D), con estabilidad en un periodo de seguimiento entre 3 a 6 meses. Aunque estas técnicas pueden aumentar la acomodación, sus resultados cosmiéticos iniciales pueden ser desfavorables, además, la violación del tejido conjuntival hace que para un futuro no se tengan buenas condiciones para procedimientos de glaucoma filtrante en caso de necesitarse. Tras

despertar un interés inicial, las técnicas esclerales no han mostrado una eficacia duradera.

#### **1.3.4.B.2. LENTES INTRAOCULARES.**

La evolución histórica de la implantación de lentes intraoculares, desde la primera cirugía en 1949 por Ridley, ha sido muy interesante, ya que desde entonces ha habido una constante y progresiva innovación de diseños y técnicas. Las lentes intraoculares monofocales, utilizadas en la cirugía de cataratas como lente sustitutoria del cristalino, proporcionan a los pacientes una excelente calidad de visión lejana y permiten buenas agudezas visuales. Sin embargo, estos pacientes requieren de unas gafas para poder ver de cerca. El incremento en la esperanza de vida y la mayor exigencia sobre la viabilidad de obtener una buena calidad de vida ha provocado que los cirujanos de todo el mundo afronten el reto de la corrección de la presbicia en el momento de la cirugía de cataratas con el fin de reducir la dependencia de las gafas. Lentes acomodativas, pseudoacomodativas y multifocales han sido utilizadas tras la extracción de la catarata o del cristalino transparente para la corrección del inevitable déficit de acomodación que acompaña a la eliminación del cristalino. De todas ellas, sin duda alguna, las lentes multifocales han sido las más implantadas en los últimos años. Por su importancia en nuestro estudio le dedicaremos un capítulo entero, ya que esta opción es la más interesante cuando a la presbicia se le suma otra alteración como es la existencia concomitante de catarata, la cual requiere de un implante intraocular tras la extracción del cristalino.

#### **1.3.4.B.3. LASIK (MONOVISION Y PRESBYLASIK).**

La cirugía refractiva monofocal con Láser, tiene una larga trayectoria de éxito desde hace dos décadas. Ha proporcionado muy buenos resultados en la agudeza visual sin corrección postoperatoria de lejos a millones de personas y con un alto grado de satisfacción. Existen una gran variedad de técnicas de ablación entre las que cabe destacar Queratotomía Foto-refractiva (PRK), Queratomileusis laser in Situ (LASIK) y otras variantes. Estas técnicas en general solo corrigen el error refractivo en visión lejana, por lo que en pacientes con presbicia es necesario el uso de gafas de lectura o para el ordenador aun después de la cirugía. Para corregir la presbicia mediante técnicas de cirugía corneal se emplean las siguientes técnicas.

- **Monovisión.**

Es una estrategia, en la que por lo general se corrige el ojo dominante para la visión lejana y el otro ojo se corrige para la visión cercana. La Monovisión fue conocida por primera vez hace 40 años como una técnica para la corrección de la presbicia y el error refractivo con lentes de contacto. El mecanismo que permite el éxito de la monovisión es la supresión de desenfoque inter-ocular. Antes de la introducción del LASIK, los cirujanos oftalmólogos sugirieron esta solución para pacientes que habían sido operados de cataratas, de manera que realizaban la cirugía induciendo una leve miopía en el cálculo de la lente intraocular en uno de los dos ojos (Ibáñez-Hernández MA, 2005). Tras la cirugía, los pacientes requieren un periodo de tiempo para adaptarse a la nueva situación y conseguir así una visión confortable. Cuando empezó el tratamiento de la miopía con el láser Excimer, el concepto de la monovisión (Goldberg, 2001) se propuso, mediante la miopización del ojo dominante normalmente (monovisión no cruzada o directa). Sin embargo, en ciertas ocasiones, ya de forma voluntaria o debida a errores, el ojo dominante fue corregido para visión próxima (monovisión cruzada). Se comprobó que ambos tipos de corrección eran bien tolerados en el 80% de los casos (Bruce J, 2007). Las ventajas de esta estrategia quirúrgica es que respeta el carácter monofocal de la córnea y es parcialmente controlable, de manera que la miopía residual puede ser retratada mediante una segunda intervención de LASIK. Actualmente, estos buenos resultados solo se pueden obtener a través de una buena selección de los pacientes (Baikoff, 2004), por lo que dicha técnica no puede ser considerada como universal. En determinados pacientes la visión estereoscópica, así como la ortoforia puede verse alterada. Este tipo de cirugía solo debe ser ofertado a los pacientes tras proporcionarles una información detallada y precisa de la misma. Para concluir sobre este tipo de cirugía, cabría señalar que en los emétopes se puede utilizar cualquiera de las técnicas capaces de crear una miopía leve en el ojo destinado para visión próxima.

- **Multifocal (PresbyLasik).**

Alberto Artola en sus estudios (Artola A, 2006) con pacientes miopes tratados con la primera generación de PRK observó que la acomodación subjetiva y la agudeza visual de cerca eran superiores a lo esperado. También pudieron apreciar que las aberraciones corneales inducidas por estas técnicas mejoraban la visión de cerca. Estas

fueron las primeras evidencias de que la corrección de la presbicia es posible con la pseudoacomodación corneal. Moreira et al fue el primero (Moreira H, 1992) en reportar el uso de la cirugía refractiva con láser para reducir los síntomas de la presbicia. PresbyLasik es un término que engloba un conjunto de técnicas quirúrgicas de la córnea, basadas en los principios de la cirugía LASIK. El objetivo es aumentar la profundidad de campo en los ojos de un paciente présbita, ya sea por la creación de áreas centrales, periféricas o multifocales de transición, con el objetivo final de restaurar la visión de cerca. Los algoritmos de tratamiento descritos en la literatura son (Koller T, 2006) (Alio JL, 2006) (Miranda D, 2004) (Becker KA, 2006):

- Isla central PresbyLasik central: Algoritmo que crea una zona central para la visión de cerca rodeado de una zona periférica de la visión de lejos.
- PresbyLasik periférico: Algoritmo que crea una zona central para visión de lejos y la periferia se realiza la ablación para la visión de cerca.

La primera definición y patente de una técnica PresbyLasik central fue desarrollada por Ruiz en 1996. La multifocalidad concéntrica posee una zona central para la visión cercana, una de transición para visión intermedia y una periférica para lejos. Esta forma de multifocalidad requiere una zona central mayor de 1.5 mm para no reducir la mejor agudeza visual corregida de lejos, con una zona de transición muy suave para evitar visión de halos e imágenes fantasmas, así como de diámetros pupilares mayores de 3 mm, puesto que pupilas de menor tamaño encontradas comúnmente en personas mayores de 55 años, permiten el paso de luz sólo de la zona central, con la consiguiente presentación de síntomas de deslumbramiento y reducción de la visión lejana.

PresbyLasik es más adecuado para présbitas jóvenes (40-55 años), donde el cristalino es transparente y en los que la cirugía intraocular tiene un cierto riesgo asociado. Estos pacientes suelen tener pupilas grandes, que pueden producir síntomas y efectos secundarios no deseados si se implanta una LIO multifocal. Por el contrario, la córnea multifocal funciona mejor en pupilas grandes. Cuando coexisten presbicia y astigmatismo, PresbyLasik se indica antes de cualquier otro tipo de corrección. La corrección del astigmatismo es más precisa con ablación con láser Excimer en comparación con las lentes intraoculares tóricas o incisiones de córnea. PresbyLasik también está indicado en los ojos previamente implantados con una LIO monofocal.

Esta cirugía no sólo corrige cualquier defecto refractivo existente, sino que también añade la multifocalidad de la córnea, lo que ayuda al paciente a disminuir la dependencia de las gafas para la visión cercana.

Contraindicaciones:

- Defectos refractivos muy elevados.
- Antecedentes de cirugía corneal, en especial cirugía incisional, resultando en una pequeña zona óptica o astigmatismo irregular.
- Los pacientes mayores de 65 años, que son, naturalmente, en riesgo de desarrollar una catarata.
- Cualquier córnea no calificada para la cirugía con láser Excimer, como córneas delgadas y aquellos con signos de queratocono.
- Los ojos con enfermedades oculares tales como cataratas o maculopatías.

### **1.3.5. CONCEPTO DE LENTES INTRAOCULARES MONOFOCALES, ACOMODATIVAS Y MULTIFOCALES.**

En la actualidad, la restauración de la acomodación perdida por la edad o tras la extracción del cristalino, sigue siendo un problema sin resolver. La compensación óptica de esta situación se consigue mediante gafas, lentes de contacto, procedimientos quirúrgicos refractivos corneales, esclerales o con lente intraocular. Todos estos abordajes pretenden alcanzar una visión cercana funcional manteniendo la visión lejana. La frecuencia con la que se realiza la cirugía de catarata y los buenos resultados de la misma han impulsado el desarrollo de lentes con potencial acomodativo.

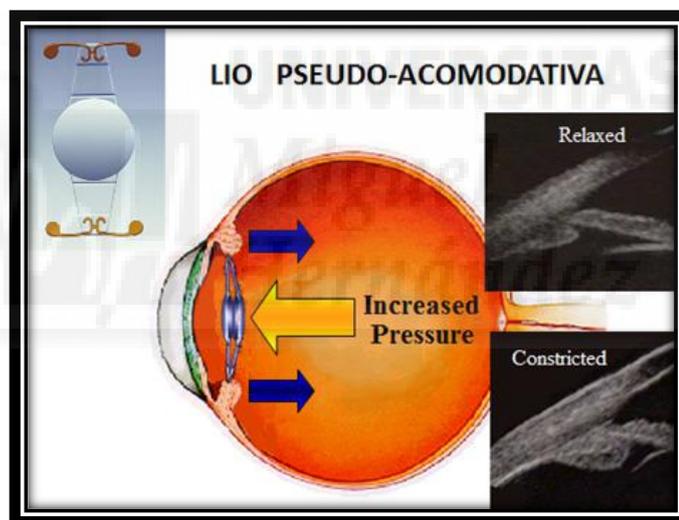
El implante más extendido de una lente monofocal permite una rehabilitación visual rápida, alcanzando una excelente visión lejana, con apenas complicaciones. Sin embargo, la mayoría de los pacientes necesitan gafas para visión intermedia y cercana.

#### **1.3.5.A. LENTES ACOMODATIVAS.**

Las lentes multifocales son un gran avance, al reducir en gran medida la dependencia de las gafas. Por su diseño proporcionan más de una distancia focal, lo que permite el enfoque simultáneo de más de una imagen en la retina. Los primeros

modelos de lentes multifocales producían con frecuencia, efectos colaterales no deseados (halos, deslumbramiento, disminución de la sensibilidad al contraste...), que han disminuido aunque no eliminado por completo, las lentes actuales (Steinert R, 1999) (Javitt J, 2000)

Otra modalidad de tratamiento a las LIOs multifocales sería restablecer el componente dinámico de la acomodación. Este planteamiento da lugar a la aparición de las denominadas lentes acomodativas. Su objetivo no es otro que imitar la óptica de acomodación fisiológica del cristalino humano, mediante cambios en su posición o en su morfología, para conseguir el enfoque de cerca. Considerando que el músculo ciliar mantiene su capacidad para contraerse con la edad, sería lógico pensar que la verdadera acomodación pseudofáquica pudiera ser restaurada mediante un movimiento anterior de la óptica de la lente, desplazando así el plano focal (Figs.19).



**Fig. 19. Lente Intraocular Pseudoacomodativa.**

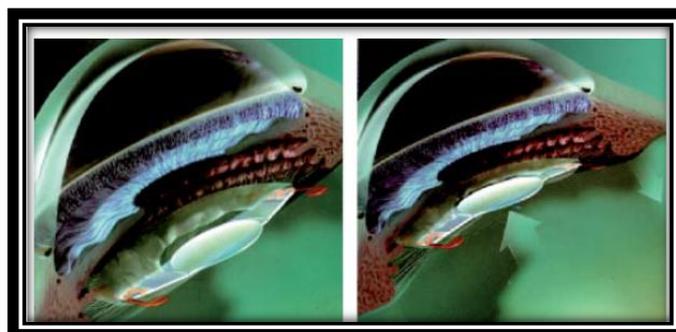
Siendo lentes acomodativas de óptica monofocal, sus microscópicos movimientos a lo largo del eje axial y/o los cambios en su curvatura, mediados por las fuerzas derivadas de la contracción del músculo ciliar, serían los responsables últimos del acortamiento de la distancia focal, haciendo posible el enfoque en diferentes distancias.

Las lentes convencionales son excesivamente rígidas como para cambiar de forma o posición, durante la contracción del músculo ciliar. Por eso surgen las primeras lentes

de óptica simple, que basan su funcionamiento en el desplazamiento pósterio-anterior de la óptica en relación a sus hápticos («opticshift»). Dado que el poder de acomodación que proporcionan es en general insuficiente, los investigadores buscan otras opciones más eficaces, creando las lentes de doble óptica. Cualquier lente cuyo mecanismo de acción se base en el movimiento de su óptica para el enfoque de cerca, alcanzará un efecto acomodativo proporcional a la potencia de dicha óptica. Las lentes de doble óptica se rigen por este principio, separándose ambas ópticas y proporcionando mayor poder de acomodación.

La opacificación capsular e interlenticular y la limitación del movimiento debido a la fibrosis son los grandes inconvenientes de estos dispositivos. Las nuevas líneas de investigación entran su atención en las lentes deformables que aumentan la curvatura de su superficie y en los sistemas magnéticos, en fase experimental la mayoría, pero con posibilidades en el futuro.

La magnitud del efecto acomodativo depende de numerosos factores incluyendo la potencia y posición de la lente en el saco, las características del ojo (longitud axial, potencia corneal, etc.). Aunque no es exactamente cierto, como veremos a lo largo del capítulo, se estima que el movimiento anterior de 1 mm de una lente de óptica única produce aproximadamente 1D de acomodación, aumentando a 2,5-3,0 D con las lentes de óptica dual. Las lentes deformables pueden alcanzar entre 4 y 7 D de acomodación. Si consideramos que el ojo dispone de 1,5-2 D de pseudoacomodación para el enfoque de cerca, debido a las aberraciones oculares y al incremento de la profundidad de foco, como consecuencia de la miosis pupilar que se produce durante la triada acomodativa, restaurar al menos 1 D de acomodación real, puede beneficiar a un número considerable de pacientes (Wold J, 2003) (Ostrin L, 2004).



**Fig. 20. Crystalens en visión lejana (izq.) en plano posterior del saco. Desplazamiento anterior de la lente durante la acomodación (dcha.).**

Según algunos autores, la lente ideal debería proporcionar entre 6 y 8 D para alcanzar un grado de acomodación confortable, como dispone el fájico joven (Wold J, 2003), evitando el empleo del 50% restante de acomodación de reserva. Desde el punto de vista anatómico, ello implicaría un movimiento excesivo que difícilmente sería tolerado por el segmento anterior del ojo, sin causar problemas (Dick HB, 2005). El material debería ser biocompatible, y asegurar su funcionamiento de por vida, minimizando la opacificación capsular (Ben-Nun J, 2005). Crear una lente capaz de proporcionar acomodación, manteniendo su estabilidad refractiva en el tiempo, resulta complejo. Para alcanzar la emetropía, la lente debe ser de una potencia dada y estar colocada en la posición correcta, pero, además, debe ser sensible a las fuerzas procedentes de la contracción del músculo ciliar y de la cápsula. El movimiento intraocular del que depende su funcionamiento las hace inestables y susceptibles al descentramiento. Ello conlleva sorpresas refractivas, astigmatismo y otras aberraciones no deseadas, debido a la contracción capsular. El fracaso de la lente puede estar relacionado con los efectos derivados de los cambios fibróticos, la incongruencia de tamaño saco-lente, la incapacidad del paciente para acomodar o sencillamente la ineficacia del diseño. A excepción del mono, el aparato de acomodación humano es muy distinto al de otros animales empleados en el laboratorio, dificultando el estudio del potencial de acción o de las posibles causas de fracaso de los implantes. Esta limitación enlentece el desarrollo de nuevos dispositivos y merma las posibilidades de mejorar los ya existentes (Glasser A, 2006).

El éxito y vigencia de estos abordajes terapéuticos depende en última instancia, de la capacidad del aparato de acomodación envejecido para seguir realizando su función y de las mejoras constantes en sus diseños y materiales. Las perspectivas de los variados modelos, de obtener un cierto nivel de visión cercana funcional son buenas. Para establecer la eficacia de cualquier procedimiento destinado a restablecer la acomodación, deberíamos estudiar dicha capacidad, antes y después de intervenir a nuestros pacientes. Son imprescindibles métodos de medida objetivos que nos permitan demostrar de forma inequívoca, que cualquiera de los sistemas que a continuación comentaremos son válidos para restaurar la acomodación perdida.

<b>CLASIFICACIÓN DE LAS LENTES ACOMODATIVAS</b> (Ramón Lorente, 2008)	
LENTE DE OPTICA ÚNICA	Crystalens, 1CU, Tetraflex, Biocomfold, C-Well
LENTE DE DOBLE ÓPTICA	Sarfarazi, Synchrony
LENTE DEFORMABLES	NuLens, Medennium Smart Lens

**Tabla 1. Clasificación de las Lentes Acomodativas.**

Actualmente, como conclusión (Ramón Lorente, 2008), las lentes acomodativas son ideales para pacientes hipermétropes (con menos de 1 dioptría de astigmatismo) que acepte utilizar una gafa (de aproximadamente +1,5 D) para trabajos continuados de cerca, ya que en estos casos se quedan cortas a la hora de proporcionar una potencia de acomodación confortable. Sin embargo, el porcentaje de disfotopsias es menos frecuente que con lentes multifocales, por lo que es más adecuada para pacientes que vayan a conducir por la noche.

### **1.3.5.B. LENTES MULTIFOCALES.**

Kelman, iniciador, impulsor y verdadero «padre» de la Facoemulsificación pensó que la cirugía de la catarata no sería perfecta mientras no se consiguiera la recuperación de la acomodación para obtener una agudeza visual adecuada de lejos y de cerca; por supuesto, sin corrección.

En la actualidad el objetivo de recuperar la acomodación no se ha conseguido, pero la visión de lejos, a media distancia y de cerca puede conseguirse con la aparición de las nuevas lentes multifocales (difractivas y/o refractivas).

Las primeras lentes utilizadas para este fin fueron por una parte la lente bifocal 3M-850 LE (Goes F, 1991) (Lindstrom RL, 1993) y por otra parte, la lente bifocal difractiva de Pharmacia, Cee on 811 (Avitabile T, 1999) (Rossetti L, 1994), ambas con óptica de polimetilmetacrilato.

Posteriormente se introduce la lente multifocal plegable de silicona AMO-Array (Steinert RF, 1992) (Vaquero M, 1996).

El uso de las lentes bifocales presentaba un claro inconveniente: precisaban incisiones de 6 mm para su implantación. La consiguiente aparición de un astigmatismo residual

y el auge de la facoemulsificación con incisiones cada vez más pequeñas, limitaron su uso. La aparición de las lentes plegables Array resuelve el problema del tamaño incisional despertando entusiasmo entre muchos oftalmólogos. Sin embargo, algunas lentes tuvieron que ser recambiadas en pacientes que no toleraron sus efectos adversos: la presencia de halos, deslumbramientos (Fig.21) y disminución de sensibilidad al contraste que dificultaban su vida cotidiana.



**Fig. 21. Riesgo de halos y deslumbramientos en pacientes con lentes multifocales.**

A pesar de todo, supusieron un hito importante; con ellas aprendimos a valorar los aspectos fundamentales para evitar complicaciones, además de la necesidad de seleccionar los pacientes. Constituyen el punto de partida para encontrar una lente adecuada.

#### **1.3.5.B.1. CONCEPTO DE DIFRACCIÓN Y REFRACCIÓN.**

La multifocalidad la vamos a obtener mediante dos principios y la suma y/o aportación de uno al otro:

- La difracción. Los procesos difractivos consisten en la difusión o división que sufre un haz de luz al pasar por un pequeño orificio o discontinuidad, el efecto es la formación de ondas que pueden acoplarse (constructivas) o eliminarse constituyendo diferentes puntos focales.
- La refracción es un fenómeno que consiste en el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos.

Así, con lente difractivas:

- La visión cercana es independiente del tamaño pupilar.
- Mejor recuperación lumínica en condiciones mesópicas.

Y con lentes refractivas:

- Podemos obtener focos de buena calidad a media distancia.
- Obtenemos mejores agudezas visuales en condiciones fotópicas.
- Menor sensibilidad a los descentramientos.

Se ha conseguido una evolución sustancial en las características y cualidades de las lentes multifocales, las actuales aportan grandes beneficios, pero no soluciones definitivas.

Nuestro objetivo en la elección e implantación de este tipo de lentes no debe transformarse en garantía ya que algunos pacientes deberán utilizar gafas para realizar ciertas actividades, y en algunos casos persisten los halos y deslumbramientos. En la actualidad existe un buen número de lentes multifocales, tanto refractivas como difractivas. No existe, sin embargo, una lente multifocal universal que sea superior al resto en todos los elementos técnicos valorables y que pueda satisfacer las necesidades visuales de todos los pacientes.

- Es necesario conocer las características, ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de lentes multifocales basadas en valoraciones técnicas de evidencia, huyendo de informaciones «publicitarias» de las casas comerciales.
- Una rigurosa exploración ocular es preceptiva, con especial atención en los estudios de refracción, valoración pupilar y función macular, aspectos especialmente relevantes en la elección de la lente.
- Debemos asumir la responsabilidad de conseguir la emetropía por lo que será necesaria una meticulosa biometría, y planear la cirugía en relación con el astigmatismo.

Gran parte de los inconvenientes de este tipo de lentes se acentúan con pequeñas ametropías, especialmente con astigmatismo (Ravalico G, 1999).

- Las lentes multifocales están diseñadas para visión binocular por lo que es importante implantarlas de forma bilateral (Keates RH, 1987).
- Existen contraindicaciones y limitaciones dependientes del paciente que debemos conocer, y que pueden aconsejar no implantar este tipo de lentes. Las más importantes son:

- Astigmatismos elevados que impidan resultados finales menores a 0,75 D.
- Astigmatismos irregulares.
- Función macular deficiente que impida una adecuada agudeza visual.
- Pupilas excesivamente grandes (valorar según las necesidades reales del paciente).
- El enfoque para la elección de lentes multifocales es distinto en pacientes con catarata que en aquellos con cristalino transparente.
- La información al paciente, el conocimiento de sus necesidades y/o prioridades visuales para sus actividades son fundamentales para evitar falsas expectativas en cuanto a los resultados.

### **1.3.5.B.2. PASOS PARA LA ELECCIÓN DE UNALENTE MULTIFOCAL.**

Es necesario sentar unas premisas previas que pueden quedar resumidas en los siguientes pasos:

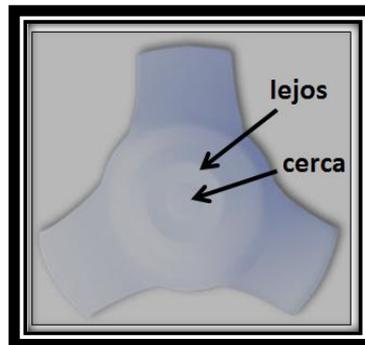
- Conocimiento de las distintas lentes multifocales.
- Exploración ocular meticulosa.
- Información al paciente.
- Indicaciones y consideraciones.

### **1.3.5.B.3. CONOCIMIENTO DE LAS DISTINTAS LENTES.**

Una lente intraocular (LIO) multifocal refractiva consta de una zona central con un poder refractivo determinado, rodeada de una sucesión de anillos concéntricos con un poder refractivo diferente, por lo que, realmente, una lente multifocal refractiva está formada por varias lentes.

Las LIOs **refractivas simétricas**, tienen una óptica doble, una lente central y un anillo periférico, como se muestra en la figura. En la mayoría de casos la zona central tiene la graduación de cerca y la periférica la de lejos, aunque algunas casas comerciales optan por la situación inversa. El hecho es que a la retina le llegan los focos de lejos y cerca simultáneamente, pero un solo foco para cerca y otro para lejos, no como en las difractivas que llegaban varios focos, uno por cada anillo de la lente. La distancia intermedia también se soluciona con el diseño esférico de la LIO. En este caso

el cerebro también debe escoger el foco adecuado para cada distancia, pero, como solo llegan dos focos principales ya no hay tanta sensación de halos en torno a las luces y las hace más adecuadas para gente que tiene que conducir por la noche o es muy sensible a la luz a sufrir deslumbramiento.



**Fig. 22. LIO refractiva simétrica.**

Las LIOs **refractivas asimétricas**, como las de la figura, donde la parte superior enfoca los objetos lejanos y la inferior los cercanos, de una forma más fisiológica a como lo hace el ojo en condiciones normales. Este tipo de lente, las últimas en aparecer en el mercado, son las que quizás se adaptan mejor a un mayor número de pacientes, ofreciendo una calidad óptica buena en todas las distancias, aunque no tan alta como en los otros diseños, pero con la ventaja de que la sensación de halos y reflejos a la luz son inferiores respecto a las otras LIOs.



**Fig. 23. Diseño de una LIO multifocal refractiva asimétrica.**

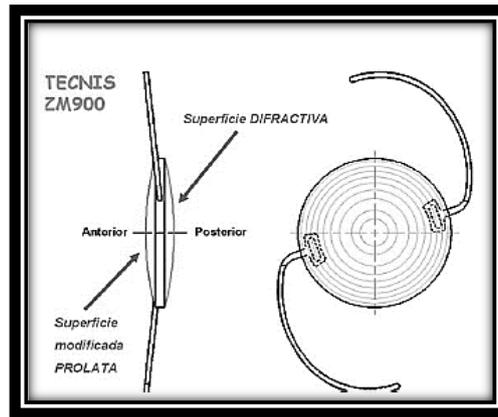
Las LIOs difractivas, con sus anillos basados en los prismas de Fresnel, alternan los focos de cerca y lejos y su diseño esférico, mejora la visión intermedia. El resultado

es que a la retina le llegan todos los focos (lejos, intermedio y próximo) de forma simultánea y es el cerebro el que debe elegir el foco que necesita en cada momento, en función de la distancia a la que se encuentra el objeto que estamos viendo. Esta llegada simultánea de focos tiene la ventaja de que cada foco ofrece una calidad de visión muy buena, especialmente en la visión de cerca y, como todos los focos llegan simultáneamente, el cambio de enfoque lejos cerca o cerca-lejos, es muy rápido. Por otra parte, tienen el inconveniente que el diseño en anillos hace que algunos pacientes vean reflejos de halos, especialmente en torno a las luces, lo cual puede complicar actividades como la de conducir por la noche. Esto se hace especialmente evidente en los pacientes con pupilas grandes, con tendencia a que la pupila esté dilatada, minimizándose en los que tienden a tener pupilas pequeñas, mióticas.



**Fig. 24. Diseño de lentes difractivas.**

La lente multifocal difractiva presenta en su superficie múltiples escalones con forma de anillos concéntricos que hacen que la luz se difracte al atravesarlos. El poder óptico de la lente multifocal difractiva pura es el mismo en toda su superficie, pero la luz al atravesarla sufre difracción por la presencia de estas elevaciones en su superficie, siendo mayor la interferencia o difracción cuanto más altos sean estos escalones.



**Fig. 25. Diseño de una LIO difractiva, donde destaca la superficie anterior prolata y la forma C de los hápticos.**

Desde el punto de vista óptico, una lente multifocal difractiva es una sola lente, mientras que una lente multifocal refractiva está compuesta por varias lentes.

El comportamiento de una lente multifocal refractiva difiere de sus homólogas difractivas en varias cuestiones que analizamos a continuación:

- **Dependencia pupilar:**

La lente multifocal refractiva es pupilo-dependiente por definición, pues el centro de la lente posee un único poder dióptrico. Si el tamaño pupilar es igual o menor al de esa zona óptica central, la luz que atraviesa la lente se enfoca en un solo plano y la lente se comporta como una lente monofocal. Sólo si la apertura pupilar es mayor que el diámetro de la zona óptica central, la luz que atraviesa la lente se encuentra con la segunda área refractiva y puede comportarse como una lente multifocal, enfocando la luz en dos o más planos diferentes.

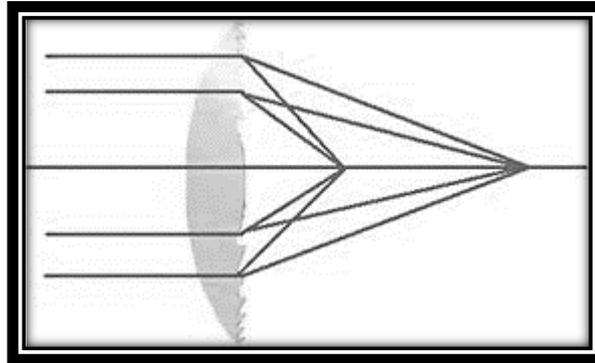
Por el contrario, la lente multifocal difractiva es pupilo-independiente en el sentido de que su diseño permite la difracción de la luz en las áreas centrales de la lente, por lo que sea cual sea el tamaño pupilar se obtiene enfoque de luz en varios planos y, por lo tanto, multifocalidad.

- **Transmisión de la luz:**

La lente multifocal refractiva transmite el 100% de la luz hacia los distintos planos refractivos, ya que toda la luz que la atraviesa es enfocada hacia uno u otro foco, pues la luz sólo sufre refracción, no difracción.

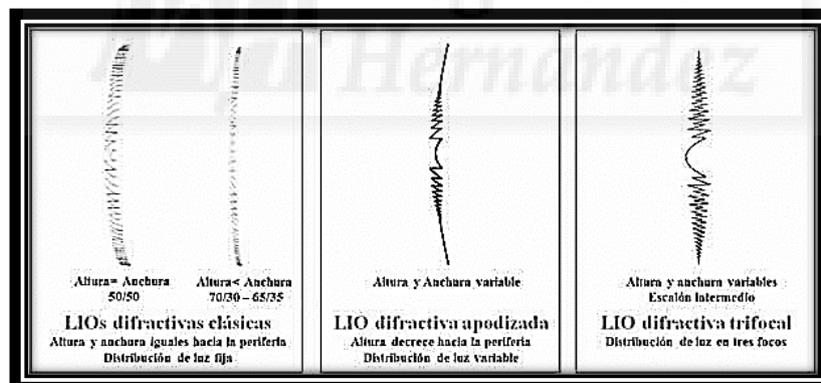
Por el contrario, la lente multifocal difractiva transmite aproximadamente el 41% de la luz a cada uno de los dos focos principales determinados por la difracción, y

el restante 18% se pierde en focos secundarios que no son percibidos cerebralmente dada su baja energía y su extremo desenfoque.



**Fig. 26. Comportamiento de la luz en una lente difractiva.**

La evolución de los distintos diseños de las lentes difractivas, han dado como resultado la aparición de distintos tipos de lentes difractivas distintas a la clásica. Por una parte, han aparecido las lentes apodizadas (de altura y anchura variables) en las que la altura de los escalones decrece conforme se avanza hacia la periferia. Por otra parte, están las lentes difractivas trifocales en las que la altura y la anchura son variables, pero presentan un escalón intermedio que proporciona la distribución de la luz en tres focos.



**Fig. 27. Diferencia entre LIOs difractivas clásicas, apodizadas y trifocales.**

- **Comportamiento clínico.**

La lente multifocal refractiva ofrece excelente visión lejana, comparable a la de un modelo difractivo, y excelente visión intermedia (distancias entre 1 y 2 m), superior a los modelos difractivos (Paul L. Kaufman, 2003). Sin embargo, la visión cercana que proporciona una lente multifocal refractiva es significativamente inferior a la que se obtiene con una lente multifocal difractiva, la cual proporciona una excelente visión

cercana y lejana, pero insuficiente visión intermedia (Weghaupt H, 2006) (Schmidinger G, 2006) .

	<b>REFRACTIVAS</b>	<b>DIFRACTIVAS</b>
<b>DEPENDENCIA PUPILAR</b>	DEPENDIENTES	INDEPENDIENTES
<b>TRANSMISIÓN DE LA LUZ</b>	100% HACIA DISTINTOS PLANOS	41% A CADA FOCO PRINCIPAL
<b>COMPORTAMIENTO CLÍNICO</b>	VISIÓN LEJOS E INTERMEDIA	VISIÓN LEJOS Y CERCA
<b>AUTORREFRACTÓMETROS</b>	PSEUDOMIOPIZAN	ÚTILES

**Tabla 2. Diferencias entre las lentes difractivas y refractivas.**

A pesar de que las lentes refractivas tienen sus indicaciones, se debe considerar a la lente intraocular difractiva como la más idónea para la cirugía de cataratas y cristalino transparente. En nuestro Hospital se ha utilizado durante estos años atrás la LIO Acri.Lisa que representa a este tipo de lentes. Por lo que disponemos de experiencia suficiente.

Cualidades ópticas de la Acri.Lisa:

- Lente difractiva con distribución 65/35 para los focos lejos/cerca.
- Agudeza visual de lejos buena, similar a una lente monofocal.
- Agudeza visual intermedia suficiente; algunos pacientes necesitan gafa para el ordenador.
- Agudeza visual de cerca buena, y mejora aún más con buena iluminación.
- Asférica, sensibilidad al contraste en límites normales.
- Halos de carácter leve con escasa significación clínica.
- Indicaciones (Ramón Lorente, 2008):
  - Se puede considerar como lente universal para catarata y cristalino transparente.
  - El 90% de los pacientes no usan gafa habitualmente.
  - Indicada por igual en miopía e hipermetropía.

Como hemos dicho anteriormente el primer paso es conocer con exactitud las lentes multifocales (difractivas y refractivas) que disponemos y analizar los resultados que

obtenemos con los distintos pacientes. En el momento de iniciar la tesis había en nuestro mercado cinco tipos de lentes multifocales (Re-Zoom, ReSTOR, Tecnis Multifocal ZM900/Tecnis Multifocal Acrílica ZMA00, Acri.LISA366D).

Los datos técnicos y características de las lentes son los aportados por las casas comerciales. Vamos a explicar brevemente los aspectos más importantes de las distintas lentes y el porqué de nuestra elección. Como ya hemos dicho las lentes intraoculares multifocales se pueden clasificar en:

- Refractivas (ReZoom)
- Difractivas (Tecnis Multifocal ZM900 – Tecnis Multifocal Acrílica ZMA00,)
- Refractivas-Difractivas (AcrySof ReSTOR SN60D3, Acri.LISA 366D).

La lente Rezoom (refractiva pura) consigue muy buena visión de lejos e intermedia, pero algo peor de cerca. En visión nocturna tienen peor sensibilidad y la presencia de disfotopsias mayor que con Acri.Lisa o la ReSTOR, ya que no tiene independencia pupilar.

La Tecnis tiene muy buena visión de lejos y de cerca, pero peor visión intermedia que el resto de lentes de la comparativa. Tiene mayor independencia pupilar que la Rezoom, pero no tanto como la ReSTOR o la Acri.LISA, por este motivo tiene mejor visión nocturna y menor presencia de disfotopsias que la Rezoom, pero en este apartado no consigue tan buenos resultados como la ReSTOR o la Acri.LISA. Un factor a favor de la Tecnis es que tiene el mejor método de inyección permitiendo incisiones más pequeñas y que el precio es menor que el de las lentes Refractivas-Difractivas.

Por último, las lentes Acri.LISA y la ReSTOR (Refractivas-Difractivas) poseen una buena visión de lejos, cerca e intermedia. Son pupilo-independientes por lo que la visión nocturna es bastante buena y tienen un menor número de disfotopsias. Entre la Acri.LISA y la ReSTOR comentar que la Acri.LISA presenta a favor de ésta, un menor número de opacidades de cápsula posterior comparándola con la ReSTOR. El paciente con una lente multifocal es muy sensible a pequeñas opacidades capsulares. Implantamos un anillo capsular de forma sistemática en todos los pacientes miopes medios y altos.

#### 1.3.5.B.4. EXPLORACIÓN OCULAR METICULOSA.

Los aspectos que más nos interesan para la elección de las lentes multifocales son:

- La refracción
- El estudio pupilar
- La función visual.

Debemos valorar el tipo y el grado de ametropía tanto esférica como cilíndrica (miopía, hipermetropía y astigmatismo). El astigmatismo representa un punto fundamental en el resultado visual de estas cirugías. Nuestro objetivo es que su valor postoperatorio sea inferior a 0,75 D. Con astigmatismo corneal entre 1,50 D y 2,0 D, unas incisiones opuestas perforantes suelen ser suficientes para su corrección. La presencia de astigmatismos irregulares previos contraindica el implante de lentes multifocales.

La medida del diámetro pupilar es un aspecto a tener en cuenta cuando nos planteamos la elección e implantación de una lente multifocal, ya que juega un papel primordial en la aparición de fenómenos disfotópsicos como halos y destellos. Los métodos utilizados para medir el diámetro pupilar son:

- Pupilómetro de Colvard (Oasis).
- Método mediante infrarrojos (AA- 2000 Nidek).
- Pupilómetro Dinámico Computarizado (Procyon. 2000 SA).

El estudio pupilar nos permite elegir la lente multifocal adecuada para valores extremos de diámetro pupilar (con pupilas entre 3 y 5 mm todas las lentes cumplen las expectativas). Es necesario hacer las siguientes recomendaciones:

- A partir de pupilas > 5,5 mm empiezan a aparecer fenómenos disfotópsicos en la visión nocturna, por lo que debemos tener especial precaución si el paciente realiza conducción nocturna. En estos casos lo más aconsejable es una lente multifocal refractiva-difractiva (ReSTOR) ya que con pupila dilatada utiliza la zona refractiva periférica y se comporta como una lente monofocal. La segunda opción es la lente ReZoom que en estas condiciones es superior a la Tecnis Multifocal.

- En los pacientes con diámetro pupilar  $< 2,5$  mm en condiciones escotópicas debemos implantar una lente multifocal difractiva, ya que con una lente refractiva vería mal de cerca.

En nuestro estudio obviamos la medición de pupila puesto que la Acri.LISA es una lente pupilo-independiente y presenta muy pocos efectos disfotópicos incluso con pupilas grandes.

Debemos valorar también el centrado pupilar, ya que pequeños descentramientos pueden influir negativamente en el resultado final de las lentes multifocales, es por este motivo que protocolizamos el uso de anillos de tensión capsular en nuestro estudio.

Dada la importancia de conseguir una buena agudeza visual final al implantar una lente multifocal, es importante asegurarnos antes de la cirugía del estado de la función visual potencial del paciente. Debemos realizar una exploración de la mácula y papila por biomicroscopía con una lente de contacto/no contacto, siempre que la opacidad de medios lo permita.

#### **1.3.5.B.5. INFORMACIÓN AL PACIENTE.**

Los puntos más importantes que debemos conocer son:

- Si el paciente es conductor habitual.
- Si es conductor nocturno.
- Si utiliza el ordenador de forma habitual.
- Si por su trabajo/aficiones necesita buena visión de cerca.

Debe ser el propio cirujano quien explique y oriente al paciente a tomar una decisión. Cuando existen situaciones de duda es preciso valorar otros datos como el tipo de gafas que utiliza el paciente que nos dan una idea indirecta del tipo de visión preferencial; por ejemplo, un paciente con gafa bifocal no necesita visión intermedia. El cirujano debe poner en conocimiento del paciente una serie de puntos sobre el funcionamiento de estas lentes:

- El paciente debe albergar unas expectativas reales. Las lentes multifocales disminuyen la dependencia de las gafas para lejos y cerca, pero es posible que el

paciente tenga que utilizar una corrección óptica para alguna actividad. Entre el 80 y 90% de los pacientes no utilizan gafas después de la cirugía.

- Es normal que exista cierta disminución de la sensibilidad al contraste y dificultad para ver en condiciones de poca luz.
- Los halos y los deslumbramientos son cada vez menos frecuentes con las nuevas lentes y tienden a disminuir con el tiempo y con la intervención del segundo ojo. Esto es uno de los ítems a analizar en nuestro estudio. Además de por razones obvias de menor número de visitas, menor gasto hospitalario, más rápida recuperación, valoramos como hipótesis un menor número de deslumbramientos al realizar una cirugía combinada de ambos ojos en un sólo tiempo comparado con la cirugía secuencial estándar.
- El paciente debe asumir que no podrá ver bien de lejos, cerca e intermedia y que debe sacrificar una de estas visiones.
- Existe la posibilidad de tener que corregir en una segunda intervención un posible defecto refractivo residual.
- En muy pocos casos se produce una intolerancia a alguno de los efectos no deseados de la lente multifocal. Si sucede tenemos que recambiar la lente por una monofocal.
- Es importante que toda la información que damos al paciente quede reflejada en la historia clínica y en el consentimiento informado.

#### **1.3.5.B.6. INDICACIONES Y CONSIDERACIONES.**

Clasificando por edad y tipo de cataratas veamos las indicaciones y consideraciones de las lentes multifocales difractivas (Ramón Lorente, 2008).

**Cataratas en pacientes entre 25-40 años.** No es frecuente la cirugía de catarata bilateral a esta edad, pero conviene establecer que este grupo presenta una mejor adaptación neurológica a las lentes difractivas.

**Catarata monolateral en paciente joven 40-55 años emétrope.** Se considera una indicación absoluta pues de otra manera condenamos al paciente (que nunca ha llevado gafas) a una anisometropía en visión cercana difícilmente tolerable (pues un ojo debería llevar una adicción de +3 dioptrías para visión cercana y en el otro ojo una

adición variable, pero en cualquier caso despreciable). Valorar individualmente la necesidad de la visión intermedia y la posibilidad de adelantar la cirugía del segundo ojo para evitar fenómenos disfotópicos (halos).

**Catarata bilateral en paciente joven emétrope o hipermétrope.** Lo consideramos como una indicación absoluta de lente multifocal pues en el caso del paciente emétrope nunca ha llevado gafas y sería condenarlo a una pérdida total de la visión cercana e intermedia, y a una dependencia de corrección óptica. Y en el caso del hipermétrope es el paciente que por su perfil más calidad gana de visión cercana.

**Cataratas bilaterales en paciente joven miope.** También son recomendables las lentes multifocales en el caso de presentar cristalinos con cataratas. Aunque en cuestión de cirugía de cristalino transparente, no se aconseja la cirugía por debajo de los 50 años. Por debajo de esta edad, las lentes difractivas suelen tener peor calidad visual que un cristalino transparente, aunque por supuesto se plantean excepciones.

**Cataratas bilaterales en paciente mayores de 65 años.** Recomendamos las lentes multifocales, en cualquier caso, ya que el paciente es independiente de gafas en un 90% de los casos y en este rango de edad es muy importante la autonomía para evitar dependencias. Además de la valoración anterior, asumimos que en el peor de los casos en el que se mantenga una refracción residual, la gafa monofocal suele ser mejor tolerada que la gafa progresiva durante la normal actividad de una persona de edad avanzada.

## **1.4. CONCEPTO DE AGUDEZA VISUAL.**

### **1.4.1. DEFINICIÓN.**

La agudeza visual es una medida de la capacidad del sistema visual para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales. Normalmente se evalúa en un test de alto contraste y con un buen nivel de iluminación. Tener una buena agudeza visual, significa que el sujeto es capaz de apreciar pequeños detalles de una imagen, mientras que una mala agudeza visual implica que el sujeto aprecia solamente gruesos rasgos en la imagen. Para establecer la agudeza visual, se le presentan al observador, a una

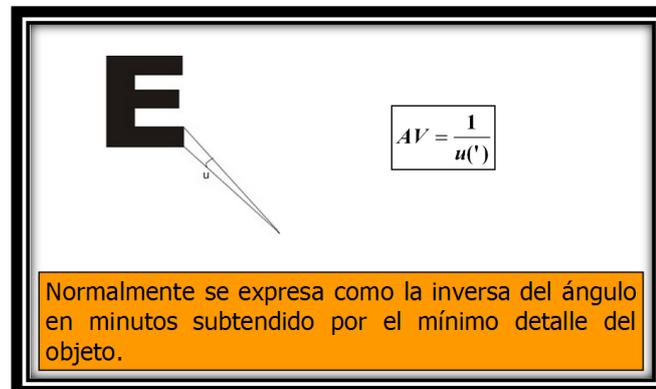
distancia fija, varios tests de alto contraste con distintos tamaños. El tamaño del test más pequeño (o bien, determinado detalle de un test) que el observador es capaz de detectar, o reconocer (depende de la tarea asignada al sujeto) se toma como valor umbral, y se suele expresar en minutos de arco. Expresar el tamaño del objeto por el valor del ángulo visual  $u$ , en lugar de dar el tamaño lineal, y, tiene la ventaja de que el umbral resulta independiente de la distancia.

La existencia de un límite en la *visión espacial*, es un hecho cotidiano y bastante conocido. Imaginemos que vemos un cartel fijo sobre una pared. Supongamos que la cabecera del cartel es una frase escrita con letras grandes y que le siguen distintos párrafos escritos sucesivamente con letra cada vez más pequeña. Si de lejos hemos leído la primera frase y nos ha interesado, nos acercaremos para leer los párrafos siguientes ya que de lejos hemos conseguido detectarlos, pero no éramos capaces de leerlos. Cuanto más pequeñas sean las letras más cerca tendremos que situarnos para poderlas leer; y lo mismo ocurriría si en lugar de leer pretendiésemos distinguir pequeños detalles de un dibujo. Este método de reducir la distancia de visión para conseguir ver detalles cada vez más pequeños, es evidente que alcanza su límite cuando la distancia coincide con el punto próximo del ojo. Acercándonos más solo conseguiríamos empeorar la visión al aumentar el "desenfoque".

Puede deducirse de lo anterior que el límite de la visión espacial estará íntimamente relacionado con el tamaño del detalle más pequeño que un observador es capaz de detectar o reconocer. Sin embargo, si pensamos en diseñar un experimento encaminado a determinarlo, inmediatamente surgirán varias cuestiones, unas relativas al estímulo a utilizar: forma, tamaño, anchura de los trazos, contraste respecto del fondo. Y otros factores relativos a las condiciones de observación: distancia, iluminación, pupila, etc. Así pues, existe diferencia entre detectar y reconocer (entre saber que hay letras y saber qué letras son). Es lógico suponer que el resultado obtenido dependerá de algunos de estos factores, y quizá también de otros. En definitiva, lo que se pretende determinar es el umbral para la visión de detalles espaciales, conocer el método de medirlo y el modo de expresarlo numéricamente. La inversa del valor umbral, como ocurre con todos los umbrales, será una medida de la capacidad (o sensibilidad) del sistema para desempeñar distintas tareas dentro de la visión espacial: detectar, reconocer o resolver detalles espaciales. La tarea que se

asigna al sujeto determinará el que influyan más unos factores u otros en el límite de la visión espacial. Así podemos definir la agudeza visual (Fig. 28) como:

- Es la capacidad para discriminar detalles finos de un objeto en el CV.
- Es la inversa del ángulo desde el cual los objetos son contemplados.



**Fig. 28. Definición de Agudeza Visual.**

### 1.4.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU CONCEPTO.

- **Mínimo visible o detección.**

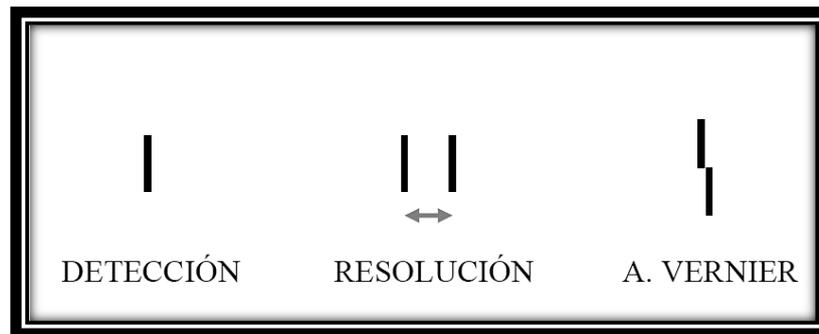
Es el diámetro aparente del punto más pequeño reconocido sobre un fondo uniformemente iluminado. El umbral mínimo es de 0.5 a 1" (línea negra sobre un fondo blanco).

- **Mínimo separable o resoluble.**

Es la separación angular mínima entre dos objetos. Para que dos puntos se vean separados se han de impresionar dos conos separados por otro no impresionado. El mínimo separable o MAR es el diámetro de un cono foveal. El umbral mínimo es de 30-60" (separación entre dos líneas negras sobre un fondo blanco). MAR (Mínimo Ángulo de Resolución en minutos de arco):  $MAR = 1/AV$ .

- **Poder de alineamiento o Agudeza de Vernier o Mínima Discriminable.**

- Es la habilidad para detectar mínimas diferencias de alineamiento de una recta.
- El umbral mínimo es de 2 a 10" (mejor umbral cuando las líneas son verticales).



**Fig. 29. Representación de los tipos principales de Agudeza Visual.**

Agudeza Visual	Umbrales
Mínima Visible	1-10 segundos de arco
Mínima Resoluble (mínima separable, legible o agudeza visual ordinaria).	30-60 segundos de arco
Mínima Discriminable (hiperagudeza, agudeza de vernier)	3-5 segundos de arco

**Tabla 3. Tipos principales de Agudeza Visual y sus umbrales.**

La AV también puede definirse según otros criterios o condiciones, por ejemplo:

- **Según las condiciones de iluminación.**

La AV fotópica o con buena iluminación; la AV mesópica o con iluminación media;

La AV escotópica o con baja iluminación

- **Según número y disposición de los optotipos.**

La AV angular o de un solo optotipo (una letra). Y la AV morfoscópica o de optotipos en línea.

- **Según la zona de la retina explorada.**

La AV central: foveal y parafoveal. Y la AV periférica.

- **Según la corrección.**

La AV bruta o espontánea o sin corrección. Y la AV corregida que es la mejor agudeza visual corregida ópticamente.

- **Según la distancia del test.**

La AV lejos: a más de 6 m (20 pies). Y la AV cerca: 25-40 cm.

- **Según la intervención del sujeto.**

La AV objetiva o sin intervención. Y la AV subjetiva o con intervención.

### 1.4.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA AGUDEZA VISUAL.

Cuando nos planteamos la medida de la agudeza visual de un sujeto, existe un buen número de parámetros que es necesario conocer (o fijar) de antemano, pues del valor que éstos tengan (o les asignemos) depende, a veces mucho, el resultado de la agudeza medida. Por esta razón es importante analizar por separado el efecto sobre la agudeza, de cada uno de los principales factores que pueden llegar a convertirse en el factor determinante de su valor (Ronald B, 2007). Estos factores vamos a enumerarlos y explicarlos brevemente:

- **Errores refractivos.**

Es el factor más claro de disminución de AV. Depende de cuantía de ametropía, tipo, profundidad de foco, acomodación...

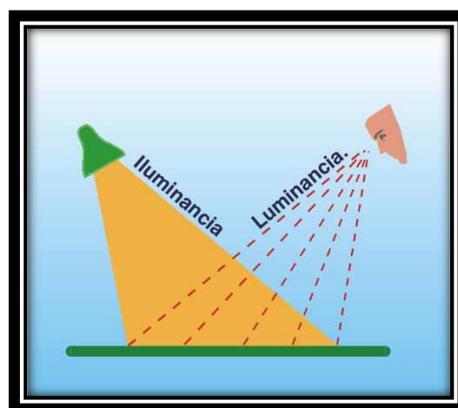
Podemos predecir la ametropía en función de la AV (sólo para miopía) con la fórmula de Yves Legrand:

$$\text{Ametropía} = 0,25/\text{AV (decimal)}.$$

Por ejemplo, para una AV de 0,1 (decimal) se predice una ametropía de -2,5 dioptrías.  $\text{Ametropía} = 0,25/0,1 \Rightarrow \text{Refracción} = -2,50 \text{ d.}$

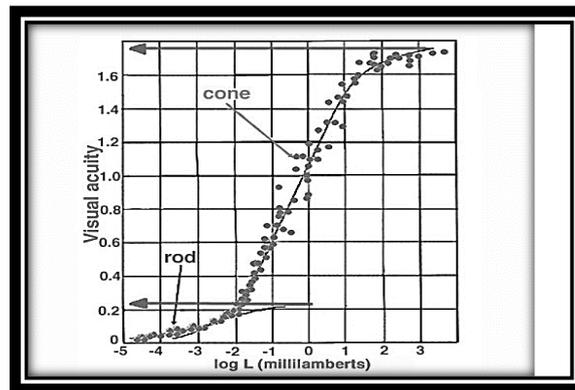
- **Luminancia.**

En Fotometría, la luminancia se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada. La luminancia se mide en Nits o candela/metro<sup>2</sup>.



**Fig. 30. Diferencia entre iluminancia (lumens) y luminancia (candelas/m<sup>2</sup>).**

La AV aumenta con el logaritmo de la intensidad de iluminación del test cuando son figuras negras sobre fondo blanco. La AV aumenta a mayor luminancia. La curva sigmoïdal superior corresponde a la estimulación de los conos y llega un punto en que por encima no varía horizontalizándose. La AV disminuye si la luminancia se reduce. La curva plana inferior corresponde a la estimulación de los bastones.



**Fig. 31. Relación entre agudeza visual y luminancia.**

- **Adaptación.**

Al igual que los umbrales de luminancia, la agudeza, entendida como el umbral de la visión espacial, depende del estado de adaptación del ojo. Esto significa que depende de: luminancia del test, luminancia y tamaño del fondo de adaptación y tiempo de adaptación. Es un hecho bien comprobado que, con adaptaciones fotópicas, los mejores valores de agudeza se obtienen cuando las luminancias del test y del campo de adaptación son similares. Sin embargo, con adaptaciones mesópicas o escotópicas la agudeza es ligeramente mejor cuando la luminancia del test es superior a la de adaptación y disminuye de nuevo por encima de un cierto valor.

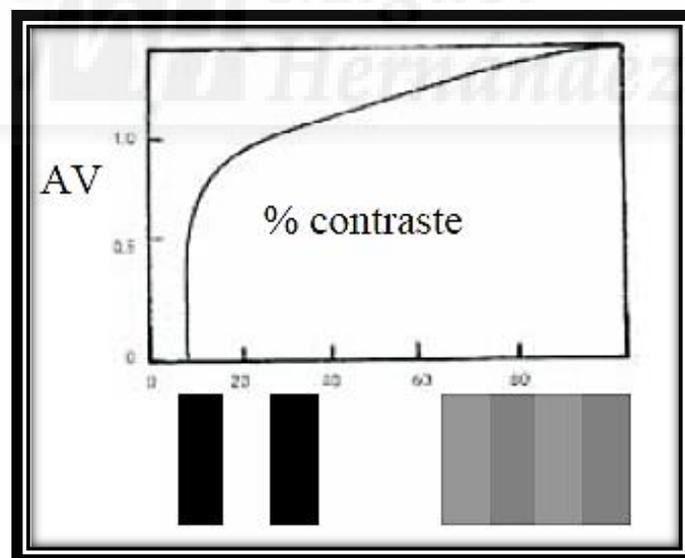
En cuanto al tamaño del fondo, puede afirmarse que no tiene influencia alguna cuando la luminancia del test es débil, salvo que su luminancia sea muy superior a la del test. Cuando la luminancia del test comienza a ser fotópica la influencia del tamaño empieza a ser despreciable a partir de los 6 grados de diámetro. Con un test de 2 grados se ha comprobado que la agudeza crece con el tamaño del campo que le rodea si las luminancias del test y el campo son del mismo orden; y, por el contrario, decrece si la luminancia del campo es muy superior a la del test.

Para completar el estudio de la influencia de la adaptación nos referiremos

brevemente al caso particular de adaptación a la oscuridad. El efecto de la adaptación a la oscuridad ha sido bien estudiado en diferentes experiencias variando el tipo, tamaño, luminancia, etc. del test. Estas medidas de la agudeza realizadas en función del tiempo de adaptación a la oscuridad, son importantes por la información que de ellas se extrae acerca de la intervención de conos y bastones en la percepción de detalles espaciales. En efecto, cuando se mide la luminancia mínima que deben tener las rayas blancas de una mira de Foucault para resolver una frecuencia determinada correspondiente a un valor fijo, muy bajo, de la agudeza visual, en función del tiempo de adaptación a la oscuridad, se obtiene una curva similar a las curvas de adaptación que resultan al medir la detección de un test simplemente luminoso, esto es, el umbral absoluto. Este hecho demuestra que conos y bastones participan, en general, en la resolución de redes, aunque la contribución de unos y otros dependerá del nivel de luminancia y tamaño de la red utilizada.

- **Contraste.**

La AV aumenta rápidamente cuando aumenta el contraste. Para contrastes entre el 30-100%, el aumento es menor. El mínimo de contraste aceptable está entre el 80-90%



**Fig. 32. Relación entre AV y sensibilidad al contraste.**

- **Color.**

La longitud de onda que ilumina los optotipos influye en la AV. La AV es mayor si los optotipos se iluminan con luz amarilla (en ojo emétrope). Los ojos miopes están

enfocados para luz roja (ojos largos). Los ojos hipermétropes están enfocados para luz verde (ojos cortos).

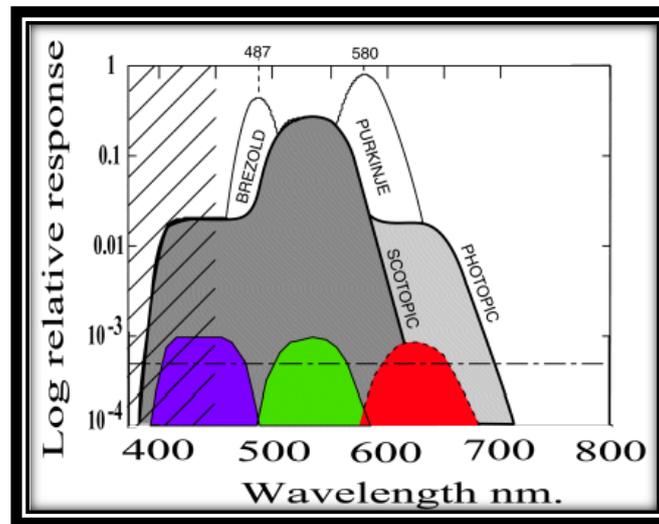


Fig. 33. Relación entre la AV y las distintas longitudes de onda de los objetos.

- **Tiempo de exposición.**

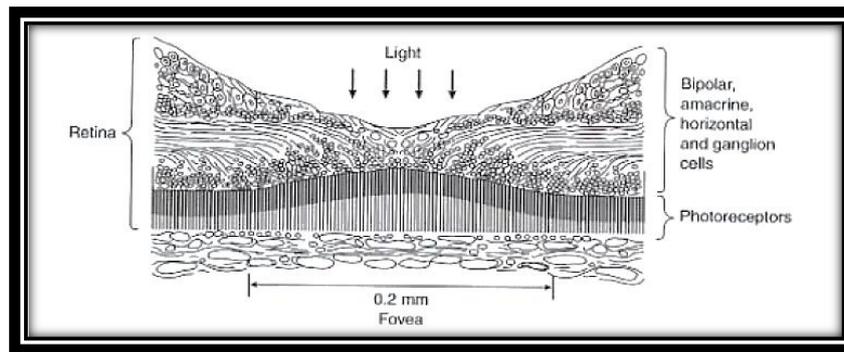
Cuanto mayor es el tiempo de exposición al optotipo, mayor es la AV.

- **Distancia de los optotipos y características de los optotipos.**

El paciente debe estar a la distancia a la cual se ha diseñado el optotipo. Además, las características de los optotipos (direccionalidad, presentación) también tienen su importancia. La direccionalidad de los rasgos hace que percibamos mejores rasgos verticales que horizontales. Por otra parte, si la presentación es aislada o agrupada influye en la agudeza visual (por ejemplo, a los ojos ambliopes les cuesta más si los optotipos presentan las letras agrupadas y sin embargo obtienen mayores AV con letras simples; a este fenómeno se le describe como “crowding”).

- **Espaciado entre los fotorreceptores.**

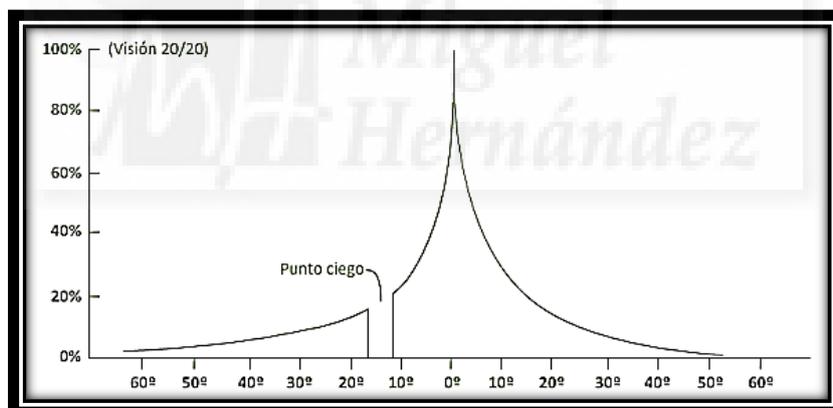
Entre los 8-10º centrales la AV está limitada por la separación entre los conos retinianos. A partir de los 10º centrales, la AV está limitada por la separación de las células ganglionares. A mayor número de conos por unidad de superficie, mayor es la agudeza visual.



**Fig. 34. Anatomía de la fovea y distribución de los fotorreceptores.**

- **Localización retiniana.**

En condiciones normales de visión, la agudeza visual siempre es máxima en la fovea y disminuye rápidamente a medida que aumenta la excentricidad, de tal modo que a los 100 ya se ha reducido a un tercio de su valor máximo aproximadamente. Esta disminución está de acuerdo con la distribución de conos y bastones en la retina. Cuando el nivel de luminancia es escotópico, la agudeza resulta ser máxima dentro de los 4º centrales, sobre todo en la fovea. A 10º de la fovea la AV es de 0,2 y a 20º de 0,1.



**Fig. 35. Relación entre agudeza visual y la localización de la retina. Medida en grados, tomando como centro la fovea.**

- **Mosaico de receptores.**

Al definir la agudeza decimal, decíamos que se considera un minuto de arco el valor límite para la resolución del ojo normal. Sin embargo, las experiencias de detección, reconocimiento o resolución en la práctica llegan hasta ángulos bastante más pequeños (Le Grand, 1991). Una forma de dilucidar si el límite de resolución lo impone el mosaico de receptores o más bien la difracción, es decir, la propia

naturaleza de la luz, consiste en situar la red directamente en la retina y disminuir progresivamente la separación entre las rayas hasta conseguir redes de mayor frecuencia que las que se pueden ver con pupila natural. Como se ha dicho antes, esta experiencia la llevaron a cabo Le Grand (1935), y posteriormente Byram (1944) y otros, aunque el método de formar franjas en la retina situando dos pequeños orificios o rendijas delante de la pupila fue propuesto originalmente por Helmholtz (1866). La distancia angular entre las rayas de la red se varía cambiando la separación entre las rendijas. Con esta experiencia se llega a resolver la red con un ángulo ligeramente más pequeño que el ángulo límite que se obtiene al medir la resolución con pupila natural. Hasta 21 segundos de arco se considera que las rayas son resueltas siendo éstas rectas y continuas, quedando por tanto fijado el límite en ese valor. Por debajo de los 21 segundos las líneas comienzan a curvarse y romperse y ya no puede considerarse que se está resolviendo la red, sino que se trata de efectos relacionados con otros fenómenos. Como punto de referencia, señalaremos que la medida del diámetro de los conos más finos de la retina se estima entre 2 y 2.5  $\mu$  lo que corresponde a ángulos alrededor de los 25 segundos. De aquí se concluye, y es una idea generalmente aceptada, que el mosaico de la retina tiene suficiente resolución para resolver todas las redes que permitan ser resueltas por la óptica del ojo.

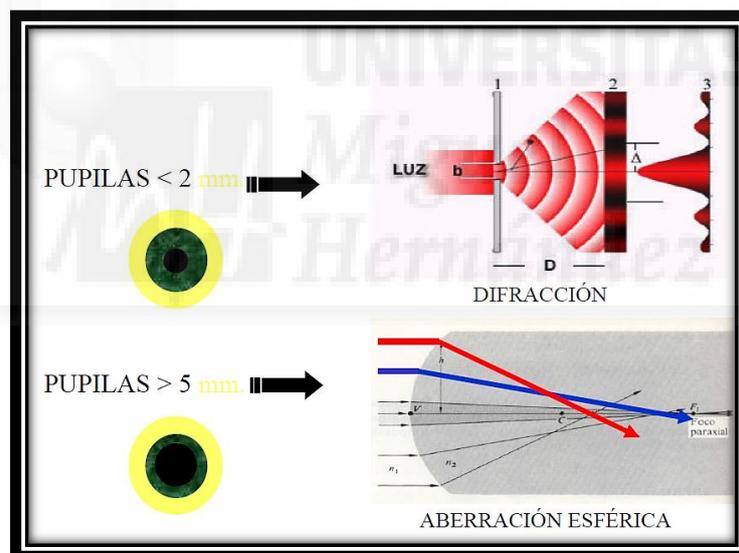
Sin embargo, la afirmación que señala a la difracción como el límite de la resolución del ojo en condiciones normales de visión, basándose en que ésta no mejoraría nada o muy poco si aumentase la finura del mosaico, habría que matizarla. En realidad, no se debería separar a la difracción de los demás factores ópticos porque, como hemos visto al tratar sobre ellos, casi nunca (salvo con pupilas menores de 1 mm) el sistema óptico está limitado por la difracción, ya que no se alcanza a resolver la frecuencia de corte teórica del sistema porque el efecto de las aberraciones prevalece, generalmente, sobre el de la difracción.

Los fotorreceptores pueden ser conos y bastones. Los conos son sensibles al color, de pequeño tamaño, pero gran resolución. Necesitan cierta intensidad de luz para actuar. Son los responsables de la visión fotópica. Hay 150.000 conos/mm<sup>2</sup> en el centro de la fovea. Su densidad disminuye rápidamente a 10º de la fovea. En la fovea no hay bastones. Los bastones no son sensibles al color. Dando lugar a una visión poco nítida. Sin embargo, son muy sensibles a la luz. Son los responsables de la visión escotópica. Su

densidad máxima está a  $20^\circ$ . En condiciones escotópicas, la AV está determinada por los bastones, y al estar éstos a varios grados foveolares la AV decrece.

- **Tamaño pupilar.**

Con pupilas menores a 2 mm la AV disminuye porque entra en juego la difracción (es un fenómeno característico de las ondas que se basa en la desviación de estas al encontrar un obstáculo o al atravesar una rendija. La difracción ocurre en todo tipo de ondas). Con pupilas mayores a 5 mm entra en juego la aberración esférica (es una aberración de tipo monocromático de tercer orden que afecta de manera diferente a cada longitud de onda donde los rayos de luz más periféricos al centro óptico son llevados a un foco diferente que los rayos próximos al mismo). Siendo la pupila ideal entre 2 y 5 mm.



**Fig. 36. Influencia del tamaño pupilar en la agudeza visual.**

- **Motricidad extrínseca.**

La AV depende de la precisión de los movimientos oculares. A mayor precisión en los movimientos, mayor estabilidad en la imagen, mayor AV. Pequeñas desviaciones del eje visual de un ojo puede producir ambliopías.

- **Monocularidad/Binocularidad.**

AV binocular es mayor que la AV monocular entre un 5-10%.

- **Enfermedades oculares, sistémicas y medicamentos.**

Las enfermedades oculares (Ej. Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE), Neuropatía Óptica Isquémica Anterior (NOIA), cataratas...) pueden modificar la agudeza visual. Además, muchas enfermedades sistémicas (Ej. Diabetes Mellitus (DM), Hipertensión Arterial (HTA), Hipercolesterolemia...) también pueden modificar el sistema visual afectando a alguna de sus estructuras. Por último, muchos medicamentos también modifican la AV: midriáticos, mióticos, barbitúricos...

- **Factores psicológicos.**

En primer lugar, los factores subjetivos, que incluirían desde el estado de ánimo, el cansancio o el entrenamiento del observador, hasta la elección del método y del criterio a seguir para determinar cuándo un test es visto o no por el sujeto. Todo ello afecta de forma evidente al resultado de la experiencia. Es sabido, por ejemplo, que en general los umbrales mejoran con el entrenamiento. También que el cansancio produce variaciones del diámetro pupilar, la fatiga dilata la pupila, por lo que empeorará la agudeza visual; e incluso si se utiliza pupila artificial, la fatiga afecta a las medidas puesto que disminuye la atención y el rendimiento del observador. Está comprobado que el cansancio y la falta de atención empeora notablemente la estadística de las medidas produciendo un aumento en la desviación standard de los resultados.

- **Edad.**

Por último, nos referiremos a la edad. Hace más de un siglo que quedó estudiada y establecida la variación de la agudeza visual con la edad. A los diez años, o pocos años después, se alcanza la máxima agudeza visual del sujeto, aproximadamente a la misma edad en que se tiene el máximo de amplitud de acomodación. Su valor decimal puede ser de 2 y hasta de 2.5. Con la edad la agudeza decrece, pero, en los sujetos emétopes adultos (entre los 20 y 40 años) suele mantenerse en un valor aproximadamente estable de 1.5 o algo menor. A partir de los 40 años ya comienza a decaer rápidamente; de modo que la agudeza unidad, considerada como "normal" para un

sujeto adulto, en realidad se alcanza a los 50 años o más. A los 80 años la agudeza puede ser de 0.6, y a los 90 años de 0.3 o 0.2. Resumiendo, la AV en el nacimiento es mínima. Es máxima entre los 10 y 20 años. Se mantiene estable entre los 30 y 40 años. Decrece lentamente a partir de los 40-45 años.

#### 1.4.4. NOTACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL.

##### 1.4.4.A. INTERPRETACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL DE LEJOS.

##### 1.4.4.A.1. AGUDEZA SNELLEN.

Es un quebrado donde el numerador es la distancia de realización del test y el denominador es la distancia a la cual el carácter más pequeño leído subtiende a 5 minutos de arco (o distancia a la que el paciente debería verlo si tuviera AV unidad). La AV Snellen se expresa en ángulos métricos o en pies (6m = 20 pies)

AV = Distancia realización test / Distancia en la que el carácter más pequeño leído subtiende a 5' de arco

Ej. AV 1.0 = 6/6 = 20/20. Significa que el test está a 6 m y que el carácter más pequeño leído subtiende 5' a 6 m.

Ej. AV 6/12 = 20/40. Significa que el test está a 6 m y el carácter más pequeño leído subtiende 5' a 12 m.

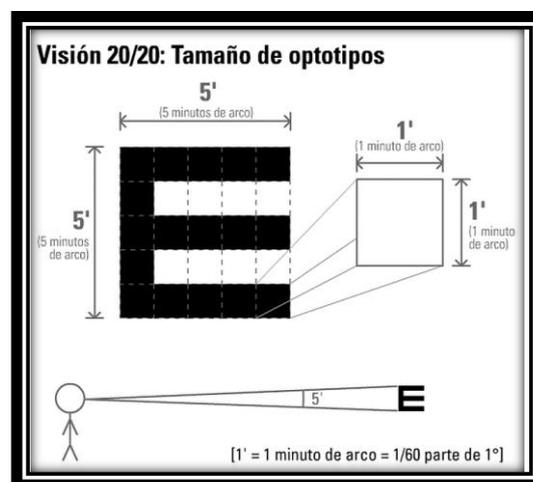


Fig. 37. Interpretación de la agudeza visual mediante los optotipos I.

## EJEMPLOS EN LA NOTACIÓN DE AV SNELLEN

AV 6/10, significa que:

- El test está a 6m y el carácter más pequeño leído que subtende 5' estaría a 10m.
- Deberíamos alejar el optotipo a 10 m para que subtendiera 5'.
- El paciente ve a 6m lo que debería ver a 10m.
- Un paciente con AV unidad debería leer esa línea a 10m.

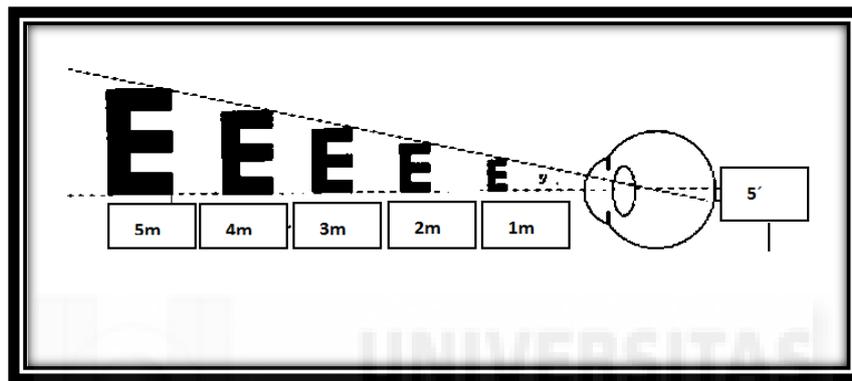


Fig. 38. Interpretación de la agudeza visual mediante los optotipos II.

#### 1.4.4.A.2. AGUDEZA DECIMAL Y PORCENTUAL.

La agudeza decimal es el resultado de la fracción de la agudeza Snellen. Ej. AV 6/12 = 0.5. Se obtiene multiplicando 100 a agudeza decimal. Ej.  $0,5 \times 100 = 50\%$ .

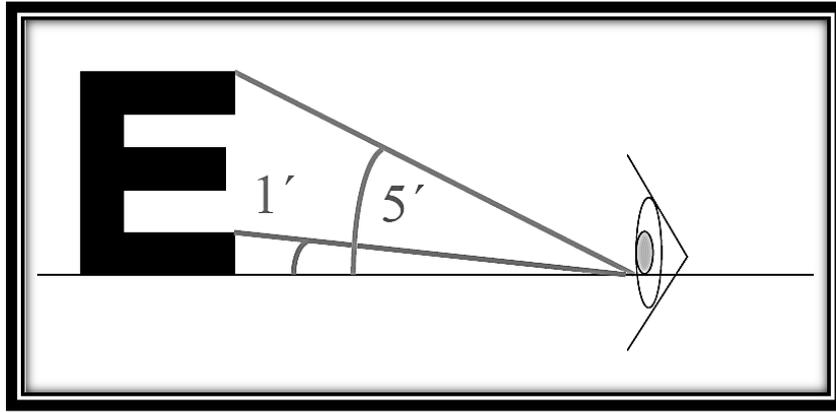
#### 1.4.4.A.3. MÍNIMO ÁNGULO DE RESOLUCIÓN (MAR).

Expresa la AV en minutos de Arco, indicando el tamaño angular del mínimo detalle que el paciente es capaz de resolver en el optotipo. Representa 1/5 del tamaño del optotipo. Matemáticamente se calcula realizando la inversa del valor decimal de la AV.

$$\text{MAR} = 1/\text{AV}$$

- Ej. Para una visión de 20/20, es decir, de unidad, el MAR es 1' (minuto de arco).
- Ej. Para una visión de 20/40, es decir, de 0,5, el MAR es 2'.
- Ej. Para una visión de 20/200, es decir de 0,1, el MAR es de 100'.

En general, el MAR es un valor poco utilizado. Siendo más utilizado el log del MAR.



**Fig. 39. Interpretación de los minutos de arco en la notación con optotipos.**

#### **1.4.4.A.4. LOG DE MAR.**

Las escalas de optotipos que presentan una progresión logarítmica (ratio de progresión 0,1 unidades logarítmicas) disponen cinco letras por línea de optotipos y la misma separación entre filas y entre optotipos. De este modo, cada optotipo tiene asignado un valor de 0,02 unidades logarítmicas ( $0,02 \times 5 = 0,1$ ). Por tanto, el logaritmo del MAR (log MAR) se calcula realizando dicha operación matemática:

- Para AV 20/20 el MAR = 1 y el log MAR =  $\log_{10}(1,0) = 0$
- Para AV 20/40 el MAR = 2 y el log MAR =  $\log_{10}(2,0) = 0,30$
- Para AV 20/200 el MAR = 10 y el log MAR =  $\log_{10}(10) = 1,0$

La máxima AV se corresponde con el cero y la mínima con la unidad (justo a la inversa que en la escala decimal). Cuando la AV es mayor que 20/20 el valor del log MAR es un número negativo. Este tipo de escala se ha mostrado más precisa a la hora de medir la AV que las escalas de Snellen o similares. Sin embargo, su uso está poco difundido en la práctica profesional al invertir la expresión correspondiente a la escala decimal, ya que resulta poco intuitivo que un sujeto con AV normal (1,0 en escala decimal) presente una AV de cero. Su aplicación en investigación está más extendida, utilizándose sobre todo una variante llamada Visual Acuity Rating.

#### **1.4.4.A.5. VISUAL ACUITY RATING**

El visual acuity rating (VAR) o también llamado valor de agudeza visual. Es una variante del log de MAR. Sale de la compleja fórmula:  $VAR = 100 - (50 \times \log MAR)$ . Se cree que es una escala intuitiva y se está extendiendo en investigación.

Foot	Metre	Decimal	LogMAR	MAR (min/arc)	LogMAR	VAR	Snellen (d = 6 m)
20/200	6/60	0.10	1.00	10,0	1,0	50	6/60
20/160	6/48	0.125	0.90	8,0	0,9	55	6/48
20/125	6/38	0.16	0.80	6,3	0,8	60	6/38
20/100	6/30	0.20	0.70	5,0	0,7	65	6/30
20/80	6/24	0.25	0.60	4,0	0,6	70	6/24
20/63	6/19	0.32	0.50	3,2	0,5	75	6/19
20/50	6/15	0.40	0.40	2,5	0,4	80	6/15
20/40	6/12	0.50	0.30	2,0	0,3	85	6/12
20/32	6/9.5	0.63	0.20	1,58	0,2	90	6/9,5
20/25	6/7.5	0.80	0.10	1,25	0,1	95	6/7,5
20/20	6/6.0	1.00	0.00	1,0	0,0	100	6/6
20/16	6/4.8	1.25	-0.10	0,8	-0,1	105	6/4,8
20/12.5	6/3.8	1.60	-0.20	0,63	-0,2	110	6/3,8
20/10	6/3.0	2.00	-0.30	0,5	-0,3	115	6/3

Fig. 40. Equivalencia de los valores de las distintas escalas de agudeza visual.

### 1.4.4.B. INTERPRETACIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL DE CERCA.

#### 1.4.4.B.1. UNIDADES MÉTRICAS.

Expresa la distancia en metros a la que la letra subtiende 5'. Es el denominador de la fracción de Snellen. Tamaño de la letra del periódico aproximadamente es 1M

Ejemplo: Si lee 2M a 40 cm => subtiende 5' a 2 m. Si se pasa a Snellen:

$$\frac{0,4m}{2M} = \frac{20}{x} \Rightarrow x = 100 \Rightarrow 2M = \frac{20}{100} = 0,2$$

#### 1.4.4.B.2. SISTEMA DE PUNTOS.

Utilizado por imprentas, procesadores de texto, periódicos. Donde 1 punto = 0,35 mm. La letra de periódico equivale a 8 puntos o a 1M (unidades métricas).

#### 1.4.4.B.3. NOTACIÓN JAEGER.

Indica tamaño de letra con una J seguida de un número. Consiste en 20 tamaños de letra. Clasificados de J1 a J20 (J1 es 20/20, J6 es 20/50...). Sus principales desventajas son el incremento arbitrario entre líneas y que no hay convenio claramente establecido sobre esta notación.

#### 1.4.4.B.4. EQUIVALENTE SNELLEN.

Misma base que AV Snellen para lejos donde el carácter subtiende 5' y cada una de las partes 1'. La AV depende de la distancia de realización del test. La distancia del carácter más pequeño leído subtiende 5'. Siendo el 100% de visión (la unidad) cuando a 6 metros se puede leer el tamaño de letra de 8.7 mm, y cuando a 40 cm se puede leer el tamaño de letra de 0.58 mm. Se expresa en metros o en pies. Letra 1M a 40 cm.  $\approx$  AV 20/50 (0,4 escala decimal). Si no se presenta a 40 cm se recomienda anotar la distancia junto a AV.

Como conclusión a los distintos optotipos de cerca comentar que no existe estandarización internacional para la AV de cerca. Notación Jaeger se desaconseja para medir la AV de cerca. Las escalas recomendadas deben incluir la distancia de presentación del test. Últimamente se están incorporando el uso de escalas logarítmicas.

#### 1.4.4.C. OPTOTIPOS Y TESTS.

Son figuras o símbolos destinados a determinar la AV. Se presentan de forma decreciente. La figura está compuesta por rasgos cada uno de los cuales subtiende un ángulo determinado a una distancia dada.

Los optotipos más populares son los de Snellen, y cada letra puede inscribirse en un cuadro cinco veces mayor que el grosor de la línea con la que está trazada. Los optotipos de mínimo discriminable poseen rasgos que subtienden a 1' (minuto de arco) y el optotipo completo 5'.

Características de un buen optotipo

- Caracteres de igual legibilidad o discriminación
- Dificultad de las tareas equivalente en cada línea (mismo nº de letras con mismo espacio entre letras)
- Cambios entre cada línea constantes

### 1.4.4.C.1. OPTOTIPOS SNELLEN.

El original presenta 7 niveles diferentes de letras, y sólo presenta una letra en el nivel de AV mínima. Incrementa una letra por línea hasta alcanzar 7 letras en AV 1.0. Tiene una progresión aritmética: AV (pies): 20/200, 20/100, 20/70, 20/50, 20/40, 20/30 y 20/20. Como desventajas presenta la progresión no escalonada (de AV 0,6 pasa a AV 1,0) y que el número de caracteres no es constante en cada línea.

OPTOTIPOS SIMILARES A SNELLEN: “E” de Snellen (para pacientes que no saben leer en etapa pre-lectora) y la C de Landolt

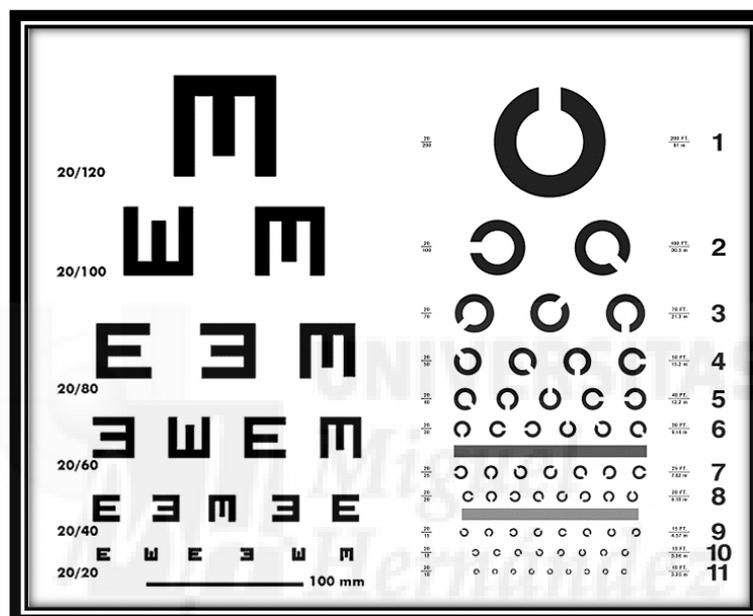


Fig. 41. A la izquierda el optotipo “E” de Snellen y a la derecha el “C” de Landolt.

### 1.4.4.C.2. OPTOTIPOS DE ESCALA LOGARÍTMICA (PRINCIPIO DE BAILEY-LOVIE).

Se basan en una progresión logarítmica en el tamaño de las letras: Cada línea es 0,1 unidades logarítmicas mayores que la línea previa. Tienen el mismo nº de letras en cada nivel de AV. El espacio entre letras y filas es igual al tamaño de letra. Los optotipos son igualmente legibles en cada nivel.

Familias de letras Sloan: C,D,H,K,N,O,R,S,V,Z.

Familia letras British: D,E,F,H,N,P,R,U,V,Z.

Dentro de las ventajas de este tipo de optotipo es que son más precisos que la escala Snellen o similares.

A continuación, mencionaremos los optotipos utilizados en casos especiales, como los usados en pediatría y los usados en pacientes con baja visión, y unos test adicionales.

### 1.4.4.C.3. TEST Y OPTOTIPOS ESPECIALES.

- **USADOS EN PEDIATRÍA**

Evaluación informal (detectan ambliopías). Alternancia con prisma vertical. Mantenimiento de la fijación (resistencia a la oclusión). Test de resolución (Nistagmus Optocinético (NOC), potenciales evocados, preferencia de mirada). Test de detección (Dot Visual Acuity Test). Test de reconocimiento (Broken Wheel, Lighthouse, E de Snellen (Tumbling E), Optotipos especiales (Madam, Pigassue...))

- **OPTOTIPOS USADOS EN BAJA VISIÓN.**

Optotipo de Feinbloom. Test de Lighthouse. Optotipos de log MAR de Bailey-Lovie. Cartilla de visión de cerca de la ETDRS. Cartillas con números. Cartillas con palabras sueltas. Cartillas con texto continuo.

- **OTROS OPTOTIPOS ESPECIALES.**

Fotoestress test. Test de filtro de densidad neutra. Agujero estenoico.

## 1.5. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE.

### 1.5.1. CONCEPTO.

La **función visual** no sólo viene determinada por la agudeza visual, sino también por la sensibilidad al contraste. La agudeza Snellen y la agudeza típica para optotipos se miden con contraste alto (próximo al 100%), pero las tareas diarias se realizan frecuentemente con grados menores de contraste. Las enfermedades oculares y de las vías visuales pueden reducir de forma drástica la función visual, mientras que en el médico quizá encuentre una agudeza visual normal o casi normal. Un método para cuantificar esa pérdida es la prueba de sensibilidad al contraste, que todavía se está

perfeccionando y existe controversia sobre el modo óptimo y más eficiente para medir la sensibilidad al contraste.

El **contraste** es la diferencia entre la cantidad de luz reflejada entre dos superficies adyacentes. Se mide mediante el parámetro luminancia, expresándose en candelas/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>) (Benjamin WJ, 1998).

Es el grado de variación entre la luminosidad máxima y mínima.

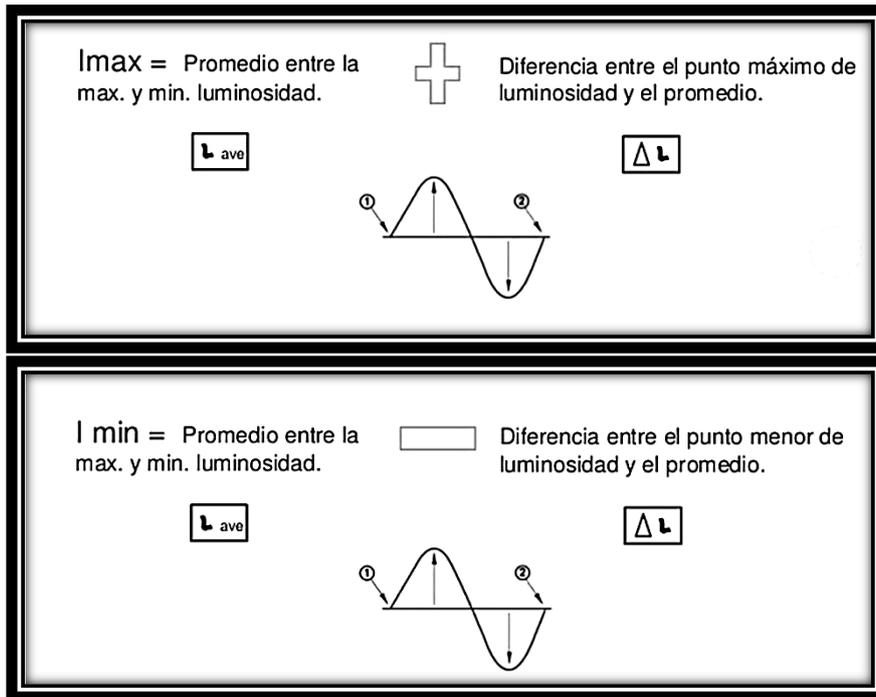
$$\text{Contraste} = \frac{\text{Brillo del fondo (I}_{\text{max}}) - \text{Brillo objeto (I}_{\text{min}})}{\text{Brillo del fondo (I}_{\text{max}}) + \text{Brillo objeto (I}_{\text{min}})}$$

**Fig. 42. Ecuación que define el contraste.**

El **brillo de fondo** sería la suma entre el promedio (de máxima y mínima luminosidad) y la diferencia A (entre el punto de máxima luminosidad y el promedio).

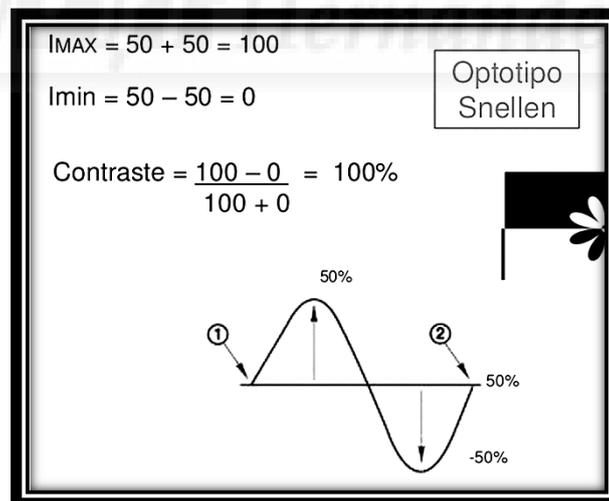
El **brillo del objeto** saldría de restar al promedio (de máxima y mínima luminosidad) la diferencia B (entre el punto de menor luminosidad y el promedio).

A nivel práctico L<sub>max</sub> es la máxima luminancia de las barras claras y L<sub>min</sub> es la mínima luminancia de las barras oscuras. De acuerdo con esta ecuación, el contraste puede variar de un mínimo de 0 a un máximo de 1.



**Fig. 43. Definición de luminancia máxima (L<sub>max</sub>) y de luminancia mínima (L<sub>min</sub>).**

Veamos un ejemplo de cómo se calcula el contraste cuando usamos optotipo Snellen en condiciones estándar de luminosidad.



**Fig. 44. Ejemplo de cálculo del contraste (donde sería del 100%).**

Aquí vemos otro ejemplo:

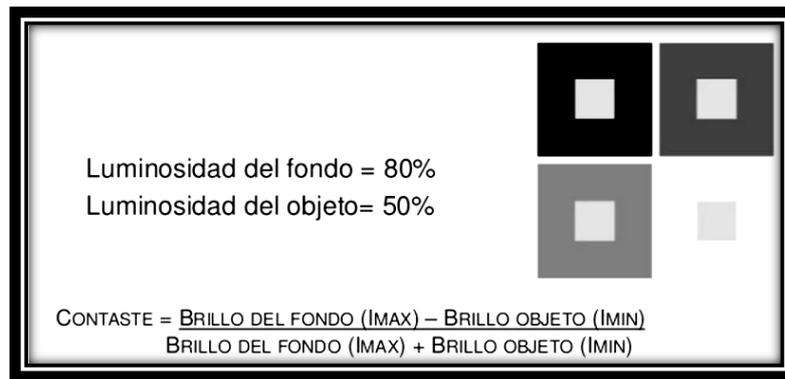


Fig. 45. Ejemplo de cálculo del contraste:  $(80 - 50) / (80 + 50) = 0,23 = 23\%$ .

El **umbral de contraste del observador** es la cantidad mínima de contraste requerido para detectar la presencia del patrón de estímulos. El recíproco (inverso) del umbral al contraste es la sensibilidad al contraste.

La **visión espacial** se mide mediante ondas sinusoidales. Son barras brillantes alternadas con barras oscuras. A la transición gradual se le denomina enrejado de ondas sinusoidales, mientras que a la transición brusca se le denomina enrejado de ondas cuadradas.

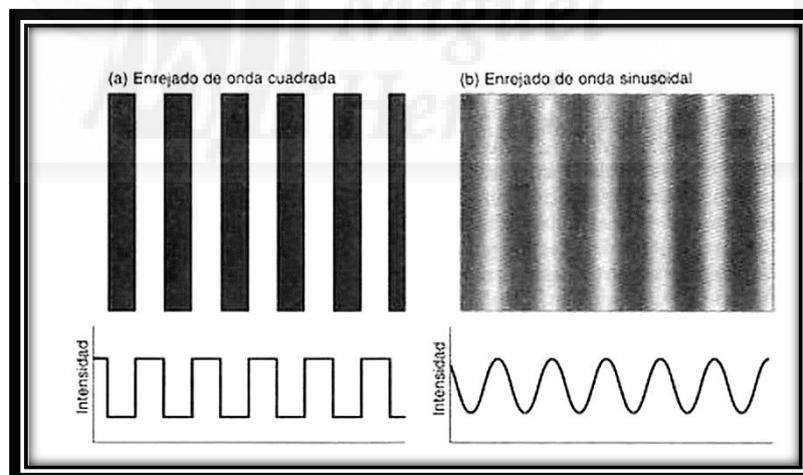
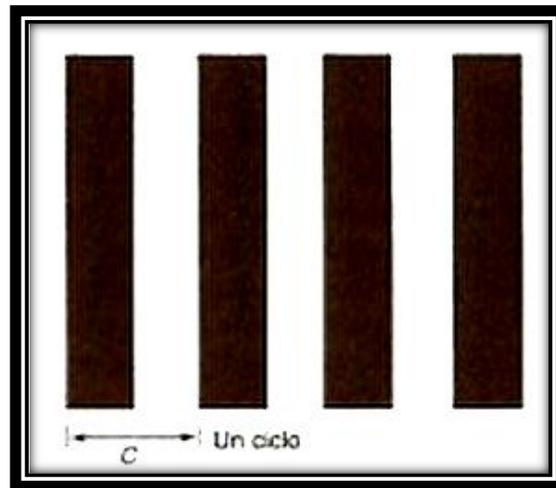


Fig. 46. Ejemplo de onda cuadrada (izquierda) y onda sinusoidal (derecha).

### 1.5.2. DIAGNÓSTICO: MÉTODOS DE EXAMEN.

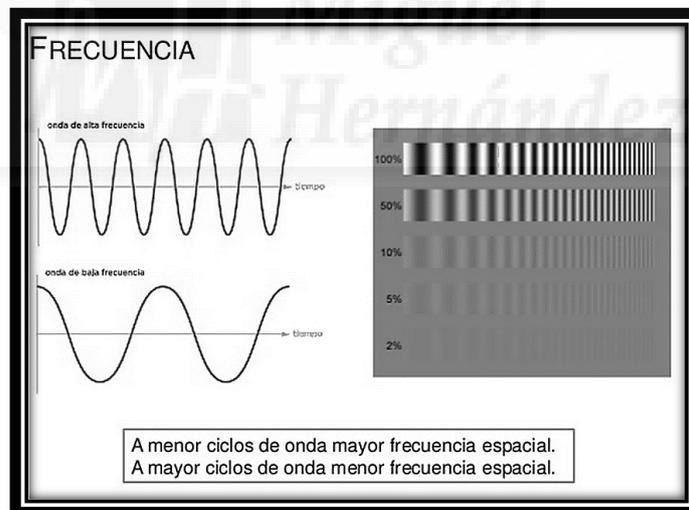
Las pruebas de sensibilidad al contraste miden la capacidad del paciente para detectar diferencias en luminancia (contraste), entre barras de ondas sinusoidales y su fondo (Artigas JM, 1995). Los umbrales de contraste son medidos para rejillas de varias

frecuencias espaciales: 3, 6, 12, 18 ciclos/grado de ángulo visual (c/g). Un ciclo es un par de barras claras y oscuras adyacentes.



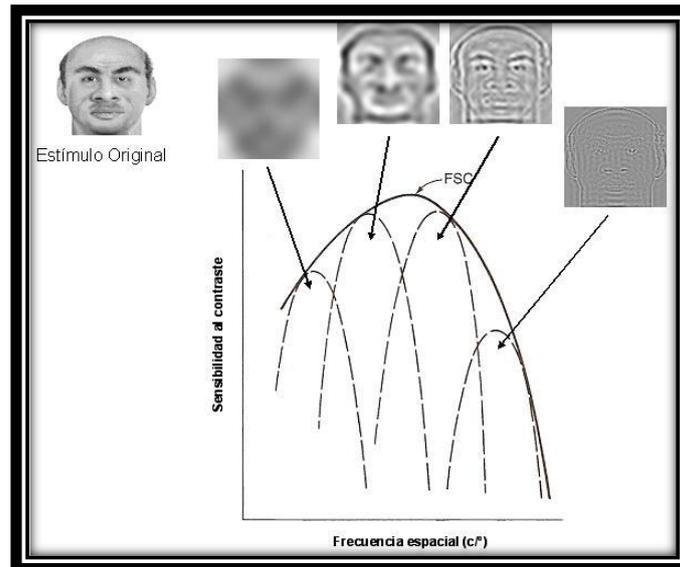
**Fig. 47. Representación de un ciclo/grado.**

Un patrón de baja frecuencia contiene unas pocas barras anchas, mientras que un patrón de alta frecuencia espacial contiene muchas barras estrechas.



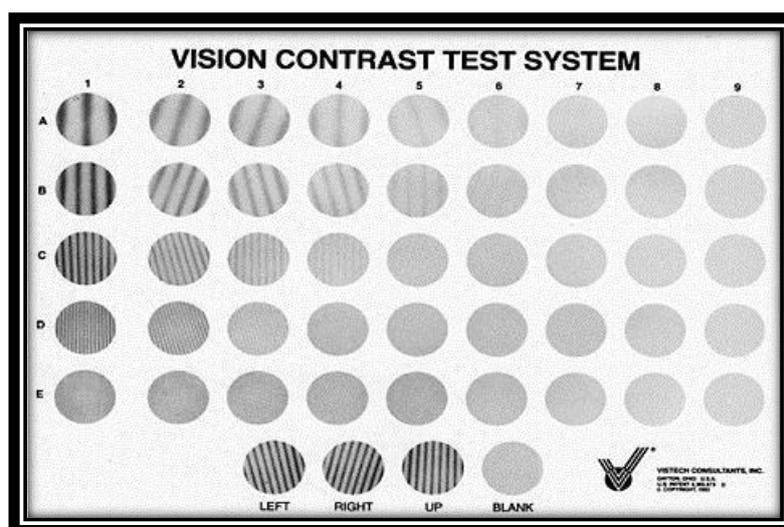
**Fig. 48. Relación entre Frecuencia espacial y ciclos de onda.**

Esto es importante porque la frecuencia espacial influye en cómo percibimos la imagen estímulo:



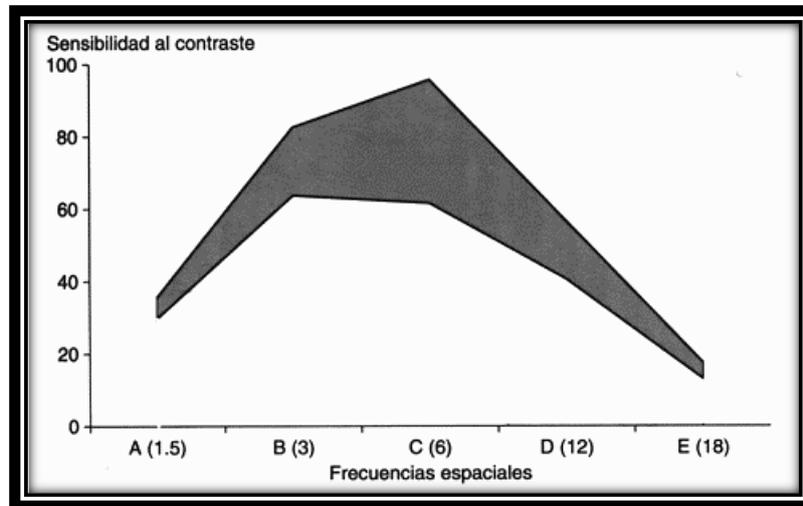
**Fig. 49. Representación de cómo influye la frecuencia espacial en la imagen estímulo.**

Las pruebas de sensibilidad al contraste se realizan con la mejor corrección de la refracción colocada, iluminación normal de la habitación y las pupilas en su estado natural. Hoy día se usan dos tipos principales de pruebas de sensibilidad al contraste (Benjamin WJ, 1998): con ondas que sinusales y con optotipos. Las pruebas que usan enrejado de ondas sinusales (p.ej. la tarjeta de Vistech. Fig.50) tienen orientaciones diferentes de rejilla (vertical, inclinada a la izquierda, inclinada a la derecha) con progresivamente menos contraste dentro de una gama de tamaño del enrejado (Artigas JM, 1995).



**Fig. 50. Vision Contrast Test System. Tarjeta de Vistech. Ondas sinusales.**

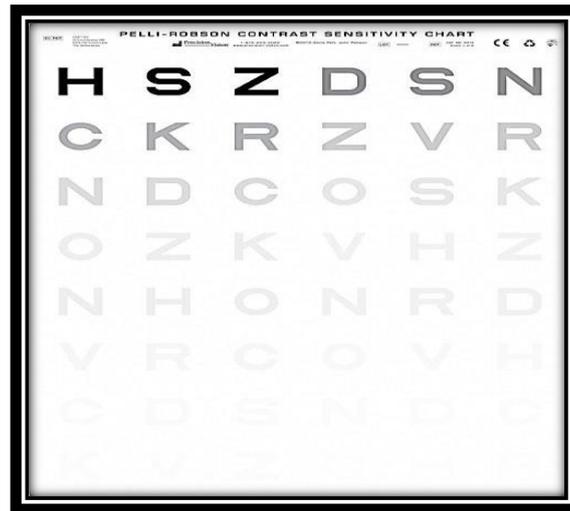
Se construye una gráfica con la mínima diana de contraste apreciable para una variedad de frecuencias espaciales (Fig.51).



**Fig. 51. Relación entre la sensibilidad al contraste y las frecuencias espaciales.**

En la curva de sensibilidad al contraste se representa la visibilidad umbral (inversa del contraste umbral) en función de la frecuencia espacial del estímulo. La visibilidad umbral es la inversa del mínimo valor de contraste que es capaz de percibir un sujeto para una determinada frecuencia espacial. Así, cuanto mayor sea la visibilidad menor es el contraste mínimo percibido y mayor, por tanto, la capacidad o sensibilidad del sujeto a dicho estímulo.

Las pruebas que emplean optotipos (p.ej. la prueba de Pelli-Robson. Fig52) generan una gráfica similar, utilizando optotipos con tamaños y contrastes decrecientes.



**Fig. 52. Prueba de Pelli-Robson.**

Este tipo de prueba tiene la ventaja de ser más fácil de comprender para algunos pacientes y más similares a las situaciones de la vida real.

En estos tests cada frecuencia espacial se presenta separada individualmente, el contraste va disminuyendo de izquierda a derecha o bien progresivamente (Artigas JM, 1995), y siempre se comienza en un círculo de alto contraste. Se pide al paciente (previamente instruido) que conteste si las barras aparecen orientadas a nivel superior, a la derecha, a la izquierda, o en blanco. El nivel de contraste de la última respuesta correcta del paciente se asume como el umbral de contraste. La clave de este tipo de test es el cambio uniforme a lo largo de las imágenes del mismo. Se suele utilizar tamaños iguales de paso logarítmico de un cambio del 40% entre imágenes adyacentes. En las Tablas se presentan los valores lineales y logarítmicos de sensibilidad al contraste. Para fines estadísticos se recomienda trabajar con unidades logarítmicas. Como se puede apreciar en las tablas no existe ningún valor cero en la escala logarítmica. En el caso de que el paciente no detecte ni siquiera las bandas sinusoidales de la imagen se debe restar 0,3 log del menor valor de la fila (p.ej. en la fila A: 0,4, en la B: 0,61, en la C: 0,31 y en la D: -0,13).

Tabla N° 1: Valores lineales de Sensibilidad al Contraste para el CSV-1000									
Fila (CPG)*	S	1	2	3	4	5	6	7	8
A (3.0)	5	10	15	22	31	43	61	85	120
B (6.0)	8	16	24	36	50	70	99	138	193
C (12.0)	4	8	12	18	25	35	50	70	99
D (18.0)	1.5	3	4.5	7	9.5	13	18	25	36

\* CPG = Ciclos por grado

Tabla N° 2: Valores de Sensibilidad al Contraste en Unidades Logarítmicas para el CSV-1000.									
Fila (CPG) *	S	1	2	3	4	5	6	7	8
A (3.0)	.70	1	1.17	1.34	1.49	1.63	1.78	1.93	2.08
B (6.0)	.91	1.21	1.38	1.55	1.70	1.84	1.99	2.14	2.29
C (12.0)	.61	.91	1.08	1.25	1.40	1.54	1.69	1.84	1.99
D (18.0)	.17	.47	.64	.81	.96	1.10	1.25	1.4	1.55

\* CPG = Ciclos por grado

**Tabla 3. Valores lineales para la SC arriba y valores logarítmicos abajo.**

La sensibilidad al contraste es pues, la capacidad de distinguir el límite entre dos objetos adyacentes. Varía de forma directamente proporcional con la iluminación: cuando existe una buena iluminación mejora la sensibilidad al contraste.

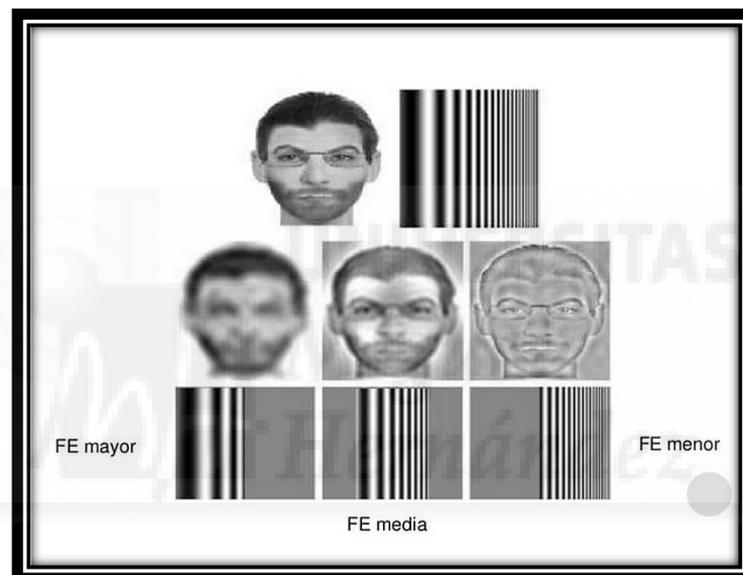
La aberración esférica es una aberración óptica de alto orden, que representa la diferente refracción periférica existente en las lentes esféricas respecto a la refracción central. Si la refracción periférica es mayor se denomina aberración corneal positiva, como ocurre con la córnea. Esta misma aberración también se produce en el cristalino. En el cristalino joven es de signo negativo, ya que existe un menor índice refractivo en la periferia. Esto compensa la esfericidad corneal positiva y se comporta todo el sistema como esférico. Con la edad, la aberración esférica del cristalino se haría positiva, no siendo capaz de contrarrestar la corneal. Esto descompensa el sistema óptico, perdiendo sensibilidad al contraste.

### 1.5.3. ALTERACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE.

Ciertas enfermedades oculares tienden a afectar porciones diferentes de la función de sensibilidad al contraste (FSC) (Aguilar M, 1994). La enfermedad de nervio óptico y el glaucoma suelen disminuir la sensibilidad al contraste en la parte media de la curva. Los errores de refracción, la enfermedad macular, la patología corneal y la ambliopía

parecen afectar la FSC en las frecuencias espaciales más altas. Las cataratas alteran a ambas porciones de la FSC.

Las imágenes se perciben diferentes según estén alteradas las frecuencias espaciales altas o bajas, tal como vemos en el ejemplo. Si se alteran las frecuencias espaciales altas la imagen se vería más distorsionada tal como se aprecia en la imagen inferior izquierda. Si se alteran las frecuencias espaciales altas la imagen se vería distorsionada tal como se aprecia en la imagen inferior derecha. Si se alteran las frecuencias altas y bajas extremas la imagen se vería distorsionada tal como se aprecia en la imagen inferior central.



**Fig. 53. Distorsión de la imagen por alteraciones de las Frecuencias Espaciales.**

La prueba de sensibilidad al contraste constituye un método cada vez más importante, usado para cuantificar la función visual en la práctica clínica y en los protocolos de investigación.

## **1.6. ESTEREOPSIS.**

### **1.6.1. CONCEPTO.**

La estereopsis (de “stereo” que significa sólido, y “opsis” visión o vista) es el fenómeno dentro de la percepción visual por el cual, a partir de dos imágenes ligeramente diferentes del mundo físico proyectadas en la retina de cada ojo, el

cerebro es capaz de recomponer una tridimensional (Howard, 1995). A esta diferencia en las dos imágenes retinianas se la llama disparidad horizontal, disparidad retiniana o disparidad binocular, y se origina por la diferente posición de ambos ojos en la cabeza. La estereopsis es una de las vías binoculares para la percepción de la profundidad junto con otras de carácter monocular.

### **1.6.2. HISTORIA.**

Euclides y Leonardo da Vinci ya observaron y estudiaron el fenómeno de la visión binocular. También el astrónomo Kepler dejó unos estudios que comentaban los principios de la misma. Posteriormente, al 1838, el físico Sir Charles Wheatstone construyó el primer aparato que permitía percibir la tridimensionalidad partiendo de dos imágenes (visor estereoscópico). Este hecho curiosamente sucedió antes del descubrimiento de la fotografía. En el año 1849, Sir David Brewster diseñó y construyó la primera cámara estereoscópica. La cámara disponía de un visor que permitía ver las imágenes tomadas por las lentes. Algunos años más tarde, Oliver Wendell Holmes construyó lo que sería el estereoscopio de mano más popular del siglo XIX. En los años 1930 resurgió la estereofotografía con la aparición de las cámaras 3D, como Realist o la ViewMaster. Actualmente son aparatos obsoletos.

A mediados de siglo hubo diferentes intentos de impulsar las películas 3D sin demasiado éxito, puesto que las técnicas utilizadas provocaban problemas de visión. No fue hasta los años 80 cuando surgen películas de alta resolución, como IMAX 3D, que no se ha popularizado.

### **1.6.3. MECANISMOS DE ESTEREOPSIS.**

Si observamos objetos muy lejanos, los ejes ópticos de nuestros ojos son paralelos. Si observamos un objeto cercano, nuestros ojos giran para que los ejes ópticos queden alineados sobre él, es decir, convergen. A su vez se produce una acomodación o enfoque para poder ver nítidamente el objeto. A este proceso conjunto se le llama fusión.

No todo el mundo tiene la misma capacidad de fusionar un par de imágenes en una vista tridimensional. Existe un porcentaje del 5% de la población que tiene problemas de fusión. La sensación de estereopsis puede producirse de dos maneras distintas:

A- La experiencia natural y cotidiana de ver en 3D a partir de objetos en 3D.

Con nuestra visión binocular vemos el mundo físico, el cual al ser volumétrico y espacial está en 3D. En este caso el estímulo es uno sólo -el objeto en 3D- visto por ambos ojos. Esta estereopsis tiene su origen en un estímulo binocular dióptico. Para obtener esta sensación de estereopsis es suficiente con tener visión binocular.

B- La experiencia artificial de ver en 3D a partir de imágenes planas en 2D.

Con nuestra visión binocular vemos dos imágenes planas similares, las cuales han sido especialmente elaboradas para ser vistas en 3D. En este caso son dos estímulos -las dos imágenes similares, una para cada ojo- vistos por ambos ojos, y la estereopsis resultante tiene su origen en un estímulo binocular dicóptico. Para lograr esta sensación de estereopsis se requiere de las distintas técnicas de visualización estereoscópica, como el estereoscopio, los diversos visores e incluso la visualización libre.

#### **1.6.4. AGUDEZA ESTEREOSCÓPICA.**

Será la capacidad de discernir, mediante la estereopsis, detalles situados en planos diferentes y a una distancia mínima (Howard, 1995).

Existe una distancia límite a partir de la cual no somos capaces de apreciar dicha separación de planos. Esta distancia límite va a variar de unas personas a otras, oscilando entre los 60 y varios cientos de metros.

Un factor que interviene directamente en esta capacidad es la separación interocular: A mayor separación entre los ojos, mayor es la distancia a la que seguimos apreciamos el efecto de relieve. Con unos prismáticos se consigue una separación interocular mayor que la normal mediante la utilización de prismas, y, gracias a ello, podemos apreciar en relieve los objetos distantes que en condiciones normales no seríamos capaces de separar del entorno. A esta técnica se le denomina hiper-estereoscopia y produce un efecto: los objetos parecen menores.

Para obtener imágenes estereoscópicas de pequeños objetos, o incluso de imágenes microscópicas, se necesitará, por tanto, una reducción de la distancia interocular o

hipo-estereoscopía, que produce el efecto contrario a la hiper-estereoscopía: los objetos parecen mayores. Los seres humanos tenemos dos ojos, localizados uno a cada lado de la cabeza. Debido a esa posición, cada uno obtiene una vista de la misma escena del mundo con un ángulo ligeramente diferente. Las dos vistas tendrán muchas cosas en común, pero cada una contendrá cierta información visual de la que carece la otra. A la diferencia entre ambas imágenes se le denomina disparidad binocular.

Las informaciones de cada ojo se envían por separado al cerebro, el cual se encarga de combinarlas emparejando las similitudes y añadiendo las diferencias, para producir finalmente una imagen en estéreo, de forma que percibamos la sensación de profundidad, lejanía o cercanía de los objetos que nos rodean. Este proceso de fusión se denomina estereopsis.

Gracias a la visión en estéreo podemos ver los objetos como sólidos en tres dimensiones espaciales: anchura, altura y profundidad. Es esta percepción de la profundidad la que hace de la visión estereoscópica algo tan especial, ya que gracias a ella somos capaces de apreciar las diferentes distancias y volúmenes de nuestro entorno. Además, podemos ver ligeramente alrededor de los objetos sólidos sin necesidad de mover la cabeza, y percibir y medir el espacio vacío.

Muchas acciones diarias dependen estrechamente de la visión estereoscópica, como tirar, coger o golpear una pelota, conducir, construir objetos tridimensionales, introducir una moneda en una máquina, enhebrar una aguja, aplaudir, etc.

### **1.6.5. ALTERACIÓN DE LA ESTEREOPSIS.**

La percepción estereoscópica de los objetos precisa la superposición de las imágenes de ambos ojos, la sensación de relieve se produce cuando ciertos detalles del objeto observado caen sobre áreas retinianas ligeramente dispares, y para ello hay que tener una buena agudeza visual y un desarrollo cortical normal para conseguirlo.

La estereopsis se mide en segundos de arco (Howard, 1995). Siendo 1 grado, 60 minutos de arco, y 1 minuto de arco, 60 segundos de arco.

La estereoagudeza normal es de 60 segundos= 1 min de arco. Cuanto más baja mejor estereoagudeza, es la menor disparidad binocular que puede ser detectada.

El umbral de disparidad binocular para objetos finos es entre 2 y 10 seg. de arco y para objetos móviles de unos 40 seg. de arco.

La mejor estereopsis es a nivel macular central (área fusional de Panum), siendo de 60 seg. y más grosera a nivel periférico de 70 seg. de arco, no se asocia componente motor y permite localizar objetos tridimensionalmente. La estereopsis se pierde a los 600m de distancia.

Esto nos permite distinguir la estereopsis de la fusión, puede haber una sin la otra. En la fusión se estimulan puntos retinianos correspondientes, hay componente motor para la vergencia fusional, localiza el objeto bidimensionalmente, y podemos fusionar en todas las distancias.

La agudeza visual espacial normal es de 1 minuto.

El adulto posee dos mecanismos de disparidad horizontal que crean la estereopsis, uno la disparidad cruzada por delante del punto de fijación y otro la disparidad descruzada por detrás de dicho punto.

El niño antes de los tres meses de edad no posee ninguno de ellos, a los tres meses y medio empiezan las disparidades cruzadas (de 5 a 8 min. de arco), a los 4 meses aparece la descruzada y va aumentando hasta conseguirla plenamente a los 6 meses.

En las neuropatías ópticas con diferente afectación de los nervios ópticos, la diferencia entre las latencias de conducción del estímulo (demostrables con PEV) produce una disparidad en la percepción de dicho estímulo al llegar al córtex cerebral, alterándose la estereopsis y dando lugar al fenómeno de Pulfrich: trastorno de la percepción profunda de los objetos en movimiento.

Causas de alteración de la estereopsis:

- Déficits de la agudeza visual: errores de refracción, ambliopías, cataratas...
- Estrabismos.
- Neuropatías ópticas: inflamatorias, degenerativas, desmielinizantes...
- Patología neurológica con afectación del córtex visual.

### **1.6.6. DIAGNÓSTICO: MÉTODOS DE EXAMEN.**

**Test de Titmus:** consta de tres pruebas (la mosca, círculos y animales), es un vectógrafo polarizado tridimensional en 2 láminas encuadernadas, y deben mirarse los dibujos binocularmente con unas gafas polarizadas (incluso encima de la gafa

correctora del paciente, si las usa), a una distancia de 40 cm y con buena luz que no refleje sobre las láminas. Los dibujos se deben apreciar que sobresalen del plano si es normal.

- La mosca: lámina de la derecha, estudia la estereopsis de forma grosera, 3000 seg. de arco, se usa en niños, se le pide al paciente que coja el ala de la mosca que verá tridimensionalmente si su estereopsis está bien.
- Los 9 círculos: lámina superior izquierda, estudia la percepción profunda más fina, entre 800 y 40 segundos de arco, se le pide al paciente defina qué único círculo sobresale respecto a los otros cuatro en cada recuadro.
- Los animales: lámina inferior izquierda, estudia en niños la percepción más fina, entre 400 y 100 segundos de arco. Uno de los animales sobresale del plano en cada fila.



**Fig. 54. Test de Titmus.**

**TNO test:** consta de 7 láminas con diferentes figuras de cuadrados, cruces, triángulos, círculos. Están creadas por puntos al azar en colores complementarios y que se observan con gafa rojo-verde. Las tres primeras láminas nos permiten detectar si hay alteración de la estereopsis y los 4 restantes cuantificarla (entre 15 y 480 seg de arco).



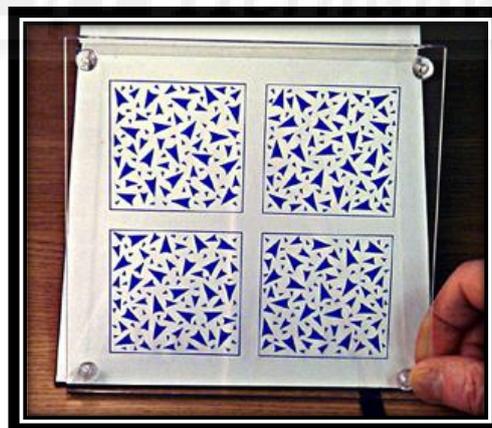
**Fig.55. TNO test.**

**Test de Lang:** se usa en niños muy pequeños y lactantes, permite detectar defectos estereoscópicos entre los 1200 y 600 segundos de arco. Se presentan al paciente diferentes tarjetas con una forma simple (estrella) hasta que la identifique, toque o señale, permite observar los movimientos oculares del niño al moverse de una figura a otra.



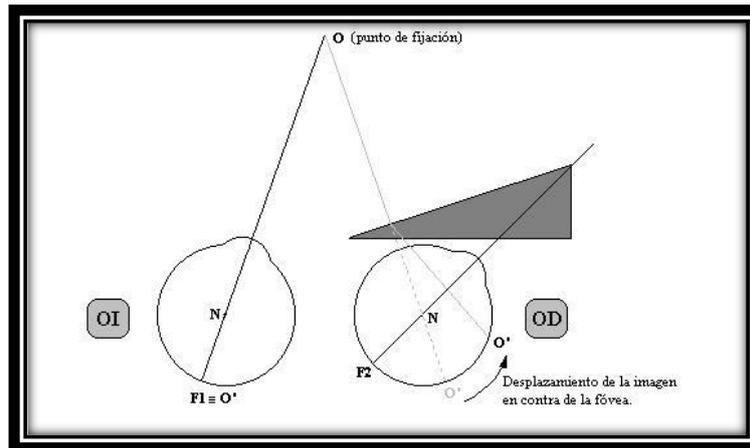
**Fig.56. Test de Lang.**

**Test de Frisby:** son 3 láminas plásticas de diferente grosor con figuras y un círculo escondido que se debe identificar, siendo el distinto grosor de las láminas el que crea la disparidad (entre 600 y 15 segundos de arco).



**Fig.57 Test de Frisby.**

**Prisma de base externa:** se utiliza en niños cuando no disponemos de las pruebas anteriores. Se coloca un prisma de 20 Dp de base externa delante de un ojo, al desplazar la imagen crea diplopía, y observamos los movimientos correctores del ojo.



**Fig. 58. Desplazamiento de la imagen con prisma de base externa.**

Prisma base externa sobre OD, provoca un desplazamiento de la imagen en contra de la fóvea. Esto genera una desviación del OD a la izquierda para recuperar la fijación y esto a su vez provoca un movimiento de OI hacia izquierda según la Ley de Hering. Posteriormente, el OI hace movimiento corrector sacádico de refijación a la derecha, al retirar el prisma ambos ojos deben moverse hacia la derecha y por último el OI realiza un movimiento de fusión hacia fuera.

Cuando hay una buena visión binocular única los niños superan el prisma de 20 Dp, también se puede probar otros más débiles de 16 o 12 Dp.



## **2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**



## 2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Para justificar el estudio nos basaremos en lo siguiente:

- La catarata es una patología muy frecuente.
- La catarata supone una pérdida de agudeza visual muy importante y aumenta el riesgo de accidentes y las limitaciones de la vida diaria.
- Dicha pérdida de agudeza visual es reversible quirúrgicamente.
- La cirugía con lentes multifocales supone un avance respecto a las monofocales, y están pensadas para su implantación bilateral para evitar dejar a un paciente présbita.
- La cirugía bilateral en un solo acto no supone un mayor riesgo que la cirugía monocular secuencial y sí un beneficio económico, de satisfacción y de recuperación visual.

El envejecimiento de la población conlleva un aumento de pérdida de función visual sobre todo debido a la catarata. Son las personas mayores quienes representan el segmento de población con más pérdida de función visual. La catarata es una enfermedad crónica asociada al envejecimiento que clínicamente suele definirse como la disminución de la agudeza visual provocada por la opacificación del cristalino. Diversos factores de riesgo han sido identificados junto con la edad y los componentes genéticos, los rayos ultravioletas y la diabetes. A pesar de ello no se ha descrito ningún método efectivo que detenga la formación de catarata.

Los cambios demográficos, debidos al envejecimiento de la población, conducirán a una duplicación de la cantidad de cataratas, la morbilidad visual, y la necesidad de la cirugía de cataratas. Los actuales 20 millones de personas en el mundo con agudeza visual muy reducida debido a cataratas (visión de 0,05 o peor) se aumentarán a 40 millones para el año 2020 (Brian G, 2001). El reto al que nos enfrentamos es el de evitar que esto ocurra, retrasando el desarrollo de cataratas y

proporcionando un acceso fácil a la cirugía de cataratas para todos aquellos que lo necesitan.

Los datos mundiales sobre la deficiencia visual en el año 2002 (Serge Resnikoff, 2002) estiman el número de personas con deficiencia visual por catarata en todo el mundo superó los 161 millones, y de ellos 37 millones sufrían ceguera. La carga de deficiencia visual no se distribuye uniformemente en todo el mundo, pues las regiones menos desarrolladas son las más afectadas. La deficiencia visual se distribuye también de forma dispar entre los grupos de edad, pues la padecen sobre todo adultos de más de 50 años. Se observa también un desequilibrio en lo tocante al género en todo el mundo: el riesgo de deficiencia visual es significativamente mayor en las mujeres que en los hombres. A pesar de los progresos de la cirugía logrados en muchos países durante los últimos decenios, la catarata sigue siendo la principal causa de ceguera en el mundo, exceptuando los países más desarrollados. Y a pesar de todo sigue siendo la principal causa de baja visión en todas las subregiones. Diferentes estudios muestran que el punto de corte para indicar una cirugía de catarata según la agudeza visual (AV) ha pasado de 0,10 en 1982 a una AV de 0,50 en 2012. En España, en las diferentes Comunidades Autónomas (CCAA), se utiliza la agudeza visual de 0,50 como criterio para cirugía dentro de los sistemas públicos financiados. Diferentes factores pueden explicar este cambio en el punto de corte, tales como la demanda de los pacientes y la excelente recuperación visual postoperatoria. No obstante, los límites presupuestarios, la disponibilidad de quirófanos, la calidad de vida de los pacientes, la equidad en la accesibilidad y la aparición de cataratas en poblaciones más jóvenes son factores que pueden conducir a que, en un futuro no lejano, el punto de corte para la indicación de la catarata se modifique.

La catarata produce una pérdida de visión progresiva, bilateral e indolora que limita las actividades de la vida cotidiana (Klein BE, 2003) y aumenta el riesgo de accidente, como caídas (To KG, 2014) o quemaduras, en los pacientes que la sufren. Sin embargo, la pérdida de visión de la catarata es reversible con cirugía. Los avances en la cirugía (incluyendo la microincisión, el uso de viscoelásticos y el desarrollo de las lentes intraoculares) han logrado que el tratamiento quirúrgico de la catarata sea muy

coste-efectivo (O'Day DM, 1993) y la recuperación de la agudeza visual rápida en la mayoría de los casos (Desai P, 1996)

La cirugía con lentes multifocales suponen un avance respecto a las monofocales, pero están pensadas para su implantación bilateral (Keates RH, 1987). Al operar a un enfermo de cataratas le dejamos con limitación o incapacidad para poder enfocar objetos cercanos (al igual que los pacientes con presbicia). Esto puede llegar a representar un importante problema debido a que induce a la pérdida completa de una función fisiológica aproximadamente en último tercio de la vida de las personas. Según una revisión (Goertz AD1, 2014 Sep), realizada sobre la calidad de vida en pacientes présbitas en países desarrollados y en vías de desarrollo encontraron que la presbicia corregida con gafas está asociada con una disminución de la calidad de vida. Este estudio muestra que en países desarrollados los sujetos présbitas tratados con gafas de lectura sufren una reducción de los parámetros de calidad de vida en comparación con aquellos que son más jóvenes y emétopes. La situación todavía empeoraba en áreas no desarrolladas; ya que, aunque las manifestaciones de la presbicia fueron similares a los países desarrollados en cuanto a los síntomas, la edad y la reducción de la calidad de vida, sin embargo, no hubo un tratamiento adecuado de esta condición, incluso con gafas de leer. La disponibilidad de gafas de lectura osciló de 6 a 45%. Las actividades de la vida diaria no pueden llevarse a cabo con la misma facilidad y sin corrección de cerca. Las razones descritas para la falta de corrección incluyen: falta de acceso a la atención médica, la mala conciencia de la disminución de la visión de cerca, falta de motivación y el costo. Los datos globales son escasos a la hora de determinar la existencia de la presbicia y su impacto y de cómo el tratamiento afecta a la calidad de vida. La corrección de la presbicia es uno de los tópicos más discutidos en la cirugía refractiva hoy en día. Si bien es cierto que hay múltiples posibilidades a la hora de corregir este defecto, ni que decir tiene que la corrección con lente intraocular multifocal es la técnica más lógica y apropiada en un paciente que se opera de cataratas, pues al extraer el cristalino se debe implantar una lente intraocular de manera casi inexorable, así pues, no se debe tocar otras estructuras del ojo, ni aplicar ninguna otra modificación a la cirugía estándar de la catarata.

Además de los beneficios de la multifocalidad a nivel de agudeza visual cercana y lejana (Agresta B, 2012) hay que añadir los beneficios de la cirugía bilateral en un solo acto (Konstantinos T, 2013) frente a la cirugía secuencial en dos actos, en lo referente a rentabilidad económica, (Leivo T, 2011), como de satisfacción subjetiva (J. K. Chung, 2009) e incluso de recuperación visual es evidente (Sarikkola AU, 2011).

Por otra parte, hay que plantearse si la cirugía simultánea es igual de segura que la cirugía estándar secuencial. En este sentido, numerosos estudios demuestran que los riesgos de la cirugía simultánea no son superiores a los de la cirugía secuencial (Arshinoff SA S. Y., 2003) (B. A. Johansson, 2003) . La cirugía simultánea es igual de segura que la cirugía realizada de manera secuencial. Pérez Silguero en un estudio sobre la seguridad de la cirugía bilateral de cataratas (Pérez Silguero Ma, 2006) analizó de manera retrospectiva 13.088 ojos intervenidos de cataratas de forma bilateral simultánea. Las conclusiones de este estudio fueron que la cirugía de cataratas bilaterales realizada por cirujanos experimentados es una técnica segura. No se observaron mayor número de complicaciones que si se hubiera realizado de forma unilateral.

Hasta la fecha no hay estudios que analicen a la vez los beneficios de las lentes multifocales implantadas simultáneamente comparándolas frente al procedimiento estándar actual en el que se implantan lentes monofocales de manera secuencial en dos actos.



### **3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO**



### 3. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

La **Hipótesis** (H) que queremos demostrar con el siguiente estudio es que la cirugía de la catarata bilateral simultánea en un solo acto con implante de lente intraocular multifocal es superior a la técnica estándar actual (cirugía secuencial en dos tiempos con lentes intraoculares monofocales).

Para demostrar esta hipótesis nos planteamos los siguientes **objetivos**:

1. Evaluar la mejor agudeza visual corregida binocular, ya que ésta representa la máxima agudeza visual potencial tras extraer las cataratas. La mediremos tanto de lejos como de cerca. Esta mejor agudeza visual ideal será posible siempre y cuando el paciente disponga, por un lado, de poder adquisitivo para poder permitirse un método de corrección (habitualmente gafas) y por otro lado tenga predisposición para ello.
2. Evaluar la mejor agudeza visual no corregida binocular, ya que ésta representa la agudeza visual sin ayudas ópticas tras extraer las cataratas. La mediremos tanto de lejos como de cerca. La agudeza visual no corregida tiene mayor importancia en poblaciones con problemas económicos o menor nivel socio-cultural o menor demanda en la calidad visual, ya que simplemente con la ganancia de visión sin corrección muchos pacientes se dan por satisfechos.
3. Estudiaremos la sensibilidad al contraste binocular, en condiciones fotópicas, mesópicas y escotópicas. Tanto de lejos como de cerca. Las mediciones monoculares están íntimamente relacionadas con el modelo de lente intraocular.
4. Valoraremos la estereopsis, tanto su nivel alcanzado con ambos tipos de cirugía, como el tiempo medio y la rapidez de recuperación de los valores normales.
5. Determinaremos la independencia a gafas o ayudas ópticas.

6. Evaluaremos los Efectos Adversos de ambos tipos de cirugía. Tendremos en cuenta dos tipos de efectos secundarios:
  - a. Efectos Adversos derivados de la Cirugía Simultánea.
  - b. Efectos adversos derivados de las lentes intraoculares (disfotopsias).
7. Estudiaremos el Coste Económico de ambos tipos de cirugía, teniendo en cuenta el tiempo y el material de quirófano, número de visitas y precio de prótesis implantadas.
8. Valoraremos la satisfacción global subjetiva mediante una escala visual analógica (EVA). Tendremos en cuenta por un lado cómo percibe el paciente el impacto de un determinado proceso o intervención (la cirugía y las consultas previas y revisiones posteriores). Por otra parte, tendremos en cuenta la valoración de calidad visual subjetiva y de recuperación funcional tras finalizar dicho proceso.





## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 4.1. MATERIAL

#### 4.1.1. POBLACIÓN DE PACIENTES

Fueron admitidos en el estudio un total de 110 pacientes con diagnóstico de cataratas en ambos ojos. Dichos pacientes firmaron el consentimiento informado para intervención de cirugía de cataratas bilateral. Los pacientes a su vez debían ser capaces de comprender la naturaleza del estudio, poder seguir el programa de visitas por protocolo y cumplir los criterios de inclusión indicados más adelante.

Los pacientes fueron asignados a ambos grupos del estudio aleatoriamente. Un total de 55 fueron asignados al grupo de cirugía de catarata bilateral simultánea con implante de LIO multifocal (procedimiento a estudio) y otros 55 fueron asignados al grupo de cirugía de catarata bilateral secuencial con implante de LIO monofocal (procedimiento estándar).

En la tabla 3, podemos ver las características basales, que fueron iguales entre ambos brazos, sin diferencias significativas. Es decir, ambas ramas del estudio estaban balanceadas.

<b>CARACTERÍSTICAS BASALES</b>		
	<b>CATARATA SIMULTÁNEA</b>	<b>CATARATA SECUENCIAL</b>
<b>EDAD</b>		
MEDIA	69,4	69,5
45-65	8 (14,5%)	7 (12,7%)
>65	47 (85,5%)	48 (87,3%)
<b>AGUDEZA VISUAL PRE-CIRUGÍA</b>		
MEDIA	0,3	0,27
<b>SEXO</b>		
HOMBRE	22 (40%)	23 (41,8%)
MUJER	33 (60%)	32 (58,2%)
<b>RAZA</b>		
BLANCA	46 (83,6%)	45 (81,8%)
HISPANO/LATINO	6 (10,9%)	6 (10,9%)
NEGRA	3 (5,5%)	4 (7,3%)

**Tabla 4. Características basales de los grupos a estudio.**

#### 4.1.1. A. CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Los criterios de inclusión son:

- Edad mayor de 45 años.
- Pacientes en lista de espera con diagnóstico de catarata bilateral.
- CDVA  $\leq$  20/40 en el mejor ojo.
- Longitud axial entre 21.5 y 26 mm y una diferencia de longitud entre ojos  $\leq$  1,5 mm.
- Contaje endotelial  $>$  1000 células/mm<sup>2</sup> (Krarup T, 2014).
- Astigmatismo corneal menor a 1,5 D (dioptrías).
- Presiones intraoculares previas menores a 21 mm de Hg.
- Ausencia de condiciones que aumenten el riesgo de infección (blefaritis, conjuntivitis, dacriocistitis, alergia a iodo o cefuroxima) o inmunosupresión (leucemia, linfoma, toma de corticoides).
- Ausencia de condiciones que aumenten el riesgo de edema corneal (córnea guttata o distrofia de Fuchs).
- Ausencia de cirugía refractiva previa.
- Ausencia de patología ocular previa (glaucoma, queratocono, desprendimiento de retina, iridodonesis, etc.)
- No complicaciones intraoperatorias en el primer ojo intervenido (en dicho caso se suspendería la cirugía del segundo ojo).
- Firma del consentimiento informado de cirugía de cataratas bilateral. Los pacientes incluidos en el grupo de cirugía de catarata bilateral simultánea firmaron además un consentimiento informado adicional, en el que se explicaba el tipo de cirugía al que se iban a someter y los posibles riesgos.

#### 4.1.1. B. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Los criterios de exclusión son los habituales en este tipo de estudios (Rosa Braga-Mele, 2014). Comprenden por una parte todos los factores de riesgo quirúrgico de una cirugía de cataratas o de sus complicaciones, y por otra parte los factores de riesgo de disfotopsias. Estos criterios son complementarios a los de inclusión y son:

- Edad menor de 45 años.
- Diagnóstico de catarata unilateral.
- CDVA > 20/40 en el mejor ojo.
- Longitud axial < 21.5 o > 26 mm y una diferencia de longitud entre ojos  $\geq 1,5$  mm.
- Contaje endotelial < 1000 células/mm<sup>2</sup> (Krarup T, 2014).
- Astigmatismo corneal  $\geq 1,5$  D (dioptrías).
- Presiones intraoculares previas mayores de 21 mm de Hg o diagnosticados de glaucoma.
- Presencia de condiciones que aumenten el riesgo de infección (blefaritis, conjuntivitis, dacriocistitis, usuario habitual de lentes de contacto, alergia a iodo o cefuroxima) o inmunosupresión (leucemia, linfoma, toma de corticoides).
- Presencia de condiciones que aumenten el riesgo de edema corneal (córnea guttata o distrofia de Fuchs).
- Antecedente de cirugía refractiva previa.
- Presencia de patología ocular previa (glaucoma, queratocono, desprendimiento de retina, iridodonesis, etc.)
- Complicaciones intraoperatorias en el primer ojo intervenido (en dicho caso se suspendería la cirugía del segundo ojo).
- Pacientes que rechacen la firma del consentimiento informado de cirugía de cataratas bilateral.
- Pacientes que no comprendan la naturaleza del estudio, o bien no vayan a seguir el programa de visitas y tratamientos por protocolo.

#### **4.1.1. C. ENTRADA DE SUJETOS Y CONSENTIMIENTO INFORMADO.**

Previamente a la cirugía los pacientes son sometidos a una evaluación oftalmológica completa con los siguientes parámetros:

- Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) lejana, monocular y binocular.
- Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) cercana, monocular y binocular.
- Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) lejana, monocular y binocular.
- Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) cercana, monocular y binocular.
- Refracción y queratometría.

- Exploración en lámpara de hendidura.
- Fundoscopia.
- Paquimetría.
- Biometría.
- Contaje endotelial.
- Presión intraocular.

Una vez incluidos en el estudio, los pacientes incluidos en el grupo de cirugía de catarata bilateral simultánea firmaron además un consentimiento informado adicional, en el que se explicaba el tipo de cirugía al que se iban a someter y los posibles riesgos:

**CONSENTIMIENTO INFORMADO CIRUGIA DE CATARATAS BILATERAL**

UNIVERSITAS Miguel Hernández

**¿Qué es la catarata?**

La catarata consiste en la pérdida de transparencia del cristalino debida a diversas causas: edad, traumatismos, congénitas, enfermedades generales etc., que provocan la disminución progresiva.

**¿En qué consiste la cirugía de la catarata?**

No existe tratamiento médico para eliminar la catarata, solo la intervención quirúrgica es eficaz en la solución de la misma. La operación de la catarata es una **Cirugía Mayor** que ocasiona un cambio importante en la anatomía del globo ocular.

La **operación de catarata** consiste en la extracción del cristalino opacificado, bien por ultrasonidos o mediante la técnica que el cirujano estime conveniente. Y el posterior implante de una lente intraocular (o cristalino artificial). Se realiza en quirófano con las medidas de esterilidad necesarias. Es muy importante la colaboración del paciente.

**Aunque suele ser ambulatoria puede requerir hospitalización.** En cualquier caso, la cirugía de catarata precisa control pre y postoperatorio. En la cirugía ambulatoria, el paciente va a dormir a su domicilio, precisando revisiones posteriores.

Habitualmente se realiza con **anestesia** local, siendo en ocasiones necesaria la anestesia general.

**Puede ser necesaria una corrección óptica** (gafas o lentillas) después de la cirugía para conseguir la mejor visión posible.

La **evolución postoperatoria**, habitualmente permite la incorporación a actividades cotidianas de forma progresiva. Asimismo, precisa de medicación después de la operación, colirios y ocasionalmente otros tratamientos. Es extremadamente importante la correcta administración de dichos colirios postquirúrgicos según posología informada por el oftalmólogo. La duración de dichos cuidados es variable, aunque habitualmente se trata durante semanas.

**Consideraciones sobre la cirugía de la catarata**

La visión no puede recuperarse, aunque la operación de cataratas sea satisfactoria si existe lesión en otras partes del globo ocular, alteraciones en la retina, patología del nervio óptico, glaucoma, degeneración macular, retinopatía diabética, ojo vago, etc.

**Riesgos y complicaciones que pueden aparecer en la cirugía de cataratas**

Los riesgos o complicaciones más graves, aunque muy poco frecuentes son los derivados de la anestesia, ya sea local o general, pudiendo ocurrir coma irreversible por depresión del sistema nervioso o incluso fallecimiento por parada cardio-respiratoria, siendo una complicación excepcional.

Otras complicaciones derivadas de la cirugía: Pérdida del contenido ocular por hemorragia expulsiva, infección grave dentro del ojo, descompensación corneal que puede precisar trasplante de córnea, desprendimiento de retina, desplazamiento del cristalino, glaucoma, visión doble, necesidad de sutura, astigmatismo... Algunas de estas complicaciones pueden requerir nuevas reintervenciones quirúrgicas.

La lente intraocular se coloca dentro del ojo sobre una estructura del cristalino, la cápsula posterior, la cual puede opacificarse con el tiempo precisando tratamiento con láser para una correcta recuperación visual.

Existen descritas otras complicaciones infrecuentes no incluidas en este texto dada su extensión, que podrán ser comentadas por su oftalmólogo si así lo desea.

**¿Qué sucede si no se opera la catarata?**

El único tratamiento para la catarata es la intervención quirúrgica. En la gran mayoría de los pacientes no existe peligro si no se opera de cataratas, salvo el inconveniente de disminución de visión y la consiguiente disminución de la calidad de vida y el aumento del riesgo de accidentes. En casos aislados, la catarata puede producir complicaciones como aumento de la presión intraocular o inflamaciones oculares. En algunos casos está indicada para mejorar la visualización de la retina con el fin de facilitar el seguimiento de enfermedades retinianas o aplicar otras técnicas (por ejemplo, láser, angiografías...).

**¿Qué ventajas tiene la cirugía bilateral frente a la unilateral?**

La cirugía bilateral es un hecho cada vez más frecuente en países desarrollados. Con el marcado avance de las técnicas microquirúrgicas experimentado en las dos últimas décadas, los pacientes y los cirujanos están adoptando un cambio de actitud hacia la cirugía de la catarata. Las ventajas de la cirugía bilateral es que se evitan retrasos, visitas repetidas o un período de recuperación visual más prolongado, situaciones que se presentan cuando son operados individualmente.

**¿Qué inconvenientes puede tener frente a la unilateral?**

La cirugía de cataratas bilaterales realizada por cirujanos experimentados es una técnica segura. No se han observado mayor número de complicaciones que si se hubiera realizado de forma unilateral. En caso de una incidencia intraoperatoria de importancia durante la primera cirugía no realizaríamos la segunda cirugía del ojo contralateral.

D./<sup>a</sup> \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_

SIP: \_\_\_\_\_

**He comprendido la naturaleza de la operación** que me ha sido explicada satisfactoriamente por el médico oftalmólogo. La cirugía descrita es una de las indicaciones descritas para la solución de mi problema, no existiendo contraindicación para su realización. Así pues, de **forma voluntaria**:

**Doy mi consentimiento** para que se me realice la **cirugía de cataratas bilateralmente**, así como de las maniobras u operaciones que sean necesarias durante la intervención quirúrgica.

Doy mi consentimiento para que se me administre la anestesia que se considere adecuada para la operación, así como de las medidas complementarias oportunas.

Doy mi consentimiento para que se puedan realizar fotografías y/o grabar la intervención quirúrgica, así como su utilización con fines didácticos o científicos, sin identificar nunca la identidad del paciente o familiares.

He informado al oftalmólogo de mis enfermedades generales y oculares, para la valoración de posibles contraindicaciones. Puedo retirar la autorización para la cirugía si lo estimo oportuno, sin que ello repercuta en los cuidados médicos.

Soy consciente de que no existen garantías absolutas de que el resultado de la cirugía sea el más satisfactorio.

**FIRMA DEL MÉDICO**

**FIRMA DEL PACIENTE**

Dr \_\_\_\_\_ del Hospital San Juan de Alicante a fecha \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**TUTOR LEGAL O FAMILIAR:** Debido a que el paciente ha sido considerado no capacitado para aceptar o rechazar la cirugía descrita, por todo ello YO:

D/ª \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_  
como \_\_\_\_\_ doy mi

consentimiento para que se realice la operación asumiendo los riesgos y complicaciones que puedan aparecer. Puedo retirar este consentimiento cuando en bien del paciente lo estime oportuno.

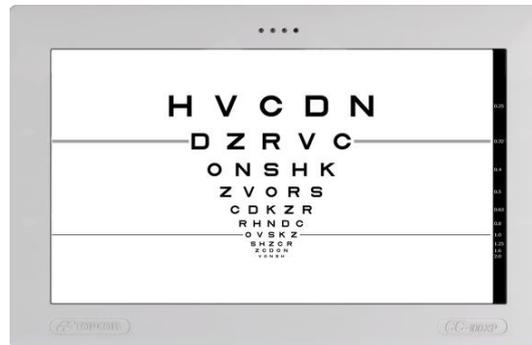
**FIRMA DEL TUTOR O FAMILIAR**

#### 4.1.2. MATERIAL EMPLEADO EN LA EVALUACIÓN DE LOS PACIENTES.

Para la medición de la agudeza visual en todas sus variantes examinadas en nuestro estudio se utilizó el **proyector de optotipos modelo CC-100XP, de TOPCON®**, que es un sistema de proyección LCD de 22 pulgadas electrónico.

El CC-100XP de TOPCON® incorpora todos los tests de agudeza visual, tests binoculares, tests de visión en color más importantes. Incluye el test de sensibilidad al contraste de frecuencia espacial, que proporciona información

cuantitativa y cualitativa sobre la agudeza visual de contraste de los pacientes. La separación de imágenes para el test binocular se lleva a cabo mediante una técnica de polarización exclusiva de los optotipos de test por LED LCD. Esta técnica permite separar las imágenes al 100%, sin crear “imágenes fantasmas”. Los optotipos utilizados fueron los optotipos Snellen y la notación decimal.



**Fig.59. Proyector de optotipos, modelo CC-100XP, de TOPCON®.**

La lámpara de hendidura utilizada fue el modelo SL-3G de TOPCON®, y para la exploración de fondo de ojo se utilizó una lente de 78D de Volk®.



**FIG. 60. Lámpara de hendidura, modelo SL-3G, de TOPCON®.**

La refracción previa y post cirugía fue medida mediante el autorrefractómetro modelo KR-8900 de TOPCON® que utiliza la tecnología de prisma rotatorio para medir la refracción y la queratometría de manera automatizada.



**Fig.61. Autorrefractómetro, modelo KR-8900, de TOPCON®.**

La toma de presión intraocular se llevó a cabo mediante un tonómetro de aire computerizado, el modelo CT-80 de TOPCON®. Las ventajas de este tipo de instrumentos son la facilidad y rapidez de uso, así como el ser una técnica no invasiva. En el estudio se evitaron los pacientes diagnosticados de glaucoma y/o los hipertensos oculares.



**FIG. 62. Tonómetro de aire, modelo CT-80, de TOPCON®.**

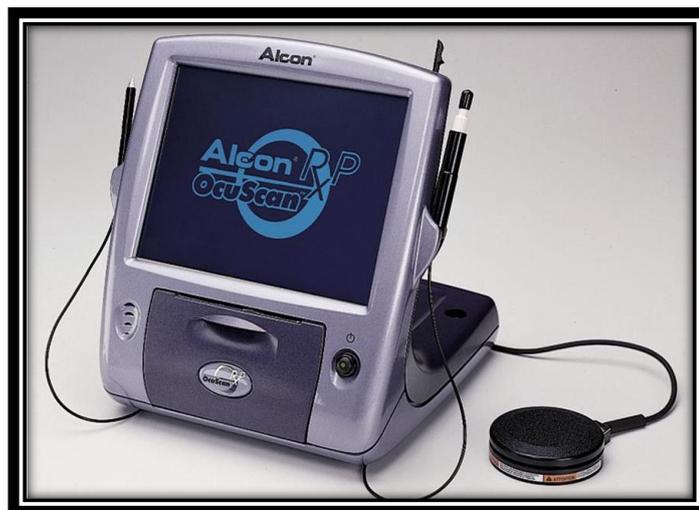
El conteo endotelial se realizó mediante el microscopio especular modelo SP-2000P, de TOPCON®. Recordemos que la cirugía de la catarata mediante facoemulsificación provoca una pérdida de células endoteliales de la córnea (Krarup T, 2014), por lo que debemos evitar operar a pacientes con conteos inferiores a 1000

células/mm<sup>2</sup>, sino queremos tener problemas en cuanto a la transparencia de la córnea.



**FIG. 63. Microscopio especular, modelo SP-2000P, de TOPCON®.**

Para el cálculo de la biometría se utilizó el biómetro modelo Ocuscan RXP, de Alcon®. Dicho aparato sirve para determinar las medidas del ojo mediante técnica de A-scan. Los pacientes con longitudes axiales extremas se excluyeron del estudio (Longitud axial < 21.5 o > 26 mm y/o una diferencia de longitud entre ojos  $\geq 1,5$  mm). Además, este aparato sirve para determinar la paquimetría de la córnea y el cálculo de las lentes intraoculares (LIOs). Las fórmulas para calcular de LIO fue la SRK-T con una constante-A estándar de 118,0 para la LIO multifocal Acry.LISA y una constante-A estándar de 118,0 para la LIO monofocal Acry.Smart.



**FIG. 64. Biómetro, modelo Ocuscan RXP, de Alcon®.**

### 4.1.3. MATERIAL QUIRÚRGICO

Dentro del material quirúrgico destacaremos el modelo de facoemulsificador utilizado para fragmentar y aspirar la catarata. En nuestro caso utilizamos el Infiniti Vision Cataract Removal System, de Alcon<sup>®</sup> y los parámetros usados fueron los estándares de la cirugía de cataratas semiduras.



**Fig. 65. Facoemulsificador, Infiniti Vision Cataract Removal System, de Alcon<sup>®</sup>.**

La lente intraocular multifocal utilizada fue la Acri.LISA 366D, de Carl Zeiss Meditec<sup>®</sup>. Aunque ya hemos repasado extensamente las distintas lentes intraoculares que pueden utilizarse para corregir el problema de la acomodación, repasemos brevemente las cualidades ópticas de la Acri.LISA:

- Lente difractiva con distribución de luz 65/35 para los focos lejos/cerca.
- Agudeza visual de lejos buena, similar a una lente monofocal.
- Agudeza visual intermedia suficiente; algunos pacientes necesitan gafa para el ordenador.
- Agudeza visual de cerca buena, y mejora aún más con buena iluminación.
- Asférica, sensibilidad al contraste en límites normales.

– Halos de carácter leve con escasa significación clínica.



**Fig. 66. Lente intraocular, modelo Acri.LISA 366D, de Carl Zeiss Meditec®.**

Como lente intraocular monofocal se utilizó la LIO Acri.Smart 46 LC (Acri.Tec/Carl Zeiss Meditec®), que es una lente esférica, libre de aberraciones, plegable y de material acrílico, de un tamaño de 11 x 6 mm de óptica.



**Fig. 67. Lente intraocular, modelo Acri.Smart 46 LC, de Carl Zeiss Meditec®.**

La implantación de un anillo de tensión capsular, o ATC, estabiliza un cristalino suelto y permite al cirujano colocar el LIO en el lugar más beneficioso (el saco capsular). Hay otras ventajas numerosas: reduce la herniación vítrea hacia la cámara anterior; una cápsula tensa proporciona contra-tracción a todas las maniobras de tracción, haciéndola más fácil de realizar; obtiene soporte capsular para un implante “endosacular”; y, más importante, el saco capsular mantiene su forma, evitando el síndrome de fibrosis capsular y descentración del LIO. En nuestro estudio además tiene mayor importancia, ya que el ATC al proporcionar estabilidad zonular reduce las aberraciones de tercer orden provocadas por la lente multifocal relacionadas con el

descentramiento de la misma (Mastropasqua R, 2013). Dicho anillo fue el Capsular Tension Ring ACPI – 11 (CE0459), Croma-Pharma GmbH®.

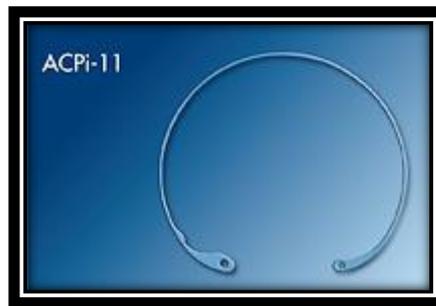


Fig. 68. Anillo de Tensión Capsular ACPI–11, Croma-Pharma GmbH®.

## 4.2. MÉTODOS.

### 4.2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.

Nuestro estudio es **longitudinal**, ya que lo que hacemos es seleccionar unos pacientes incluidos en la lista de espera quirúrgica de cataratas con diagnóstico de cataratas bilaterales o de ambos ojos. Y luego realizamos las técnicas quirúrgicas a comparar evaluándolas de manera prospectiva.

Además, es **controlado**, ya que comparamos el procedimiento “gold standard” actual (facoemulsificación secuencial en dos actos quirúrgicos con implante de LIO monofocal) con el procedimiento o intervención a estudio (facoemulsificación simultánea en un sólo acto quirúrgico con implante de LIO multifocal).

Por otra parte, es **aleatorizado** (al azar), se ofrece a cualquier paciente que cumplan los criterios de inclusión la posibilidad de la cirugía simultánea con el debido consentimiento informado.

Sin embargo, el estudio **no es ciego**, ya que el paciente ha de dar el consentimiento para la cirugía de cataratas simultánea. Tampoco es ciego para el oftalmólogo observador ya que con una simple exploración en la lámpara de hendidura (biomicroscopía) puede distinguir los pacientes con LIOs multifocales de las LIOs monofocales. Sin embargo, la evaluación de los datos estadísticos sí ha sido **independiente**.

#### 4.2.2. PARÁMETROS DE COSTO ECONÓMICO.

Para el estudio del coste económico se ha utilizado el S.I.E. (**Sistema de Información Económica**) del Hospital de San Juan de Alicante. Para dicha evaluación económica tendremos en cuenta:

- Coste de consultas de oftalmología (primeras y revisiones).
- Coste de estudio prequirúrgico (analíticas, Electrocardiograma, radiografía de tórax y consultas de anestesia).
- Coste de pruebas diagnóstico terapéuticas (contaje endotelial y biometría).
- Coste del minuto de quirófano (en este concepto se incluyen los costes indirectos (superficie, luz, limpieza, etc.) y los costes directos (profesionales, material, etc.).
- Coste de las prótesis implantadas (Lentes intraoculares y anillos de tensión capsular).
- Coste de la URPA (unidad de recuperación post-anestesia).

No hemos tenido en cuenta, ya que no se incluyen dentro del S.I.E. del hospital, el coste de la baja laboral (en casos de pacientes activos). Esta decisión la hemos tomado porque el hecho de incluir este parámetro en el estudio afectaría a múltiples variables, como por ejemplo si el paciente trabaja por cuenta propia o ajena, o lo que cotiza anualmente. Además, intervienen otros factores como la variabilidad interindividual en lo referente a los distintos tiempos de baja. En cualquier caso, asumimos este error, que según la lógica evidente saldaría un resultado favorable al grupo a estudio (la cirugía bilateral simultánea) ya que al realizarse en un sólo acto y no en dos, los tiempos de baja laboral se reducen a la mitad. Además, tampoco tenemos en cuenta otros factores difícilmente mesurables como:

- El impacto de las horas de ausencia laboral de los acompañantes.
- Los accidentes que se producen en el trayecto del enfermo al hospital derivados del mayor número de consultas de la cirugía estándar.
- Los accidentes de los pacientes en este grupo a causa de la recuperación visual más lenta.

### 4.2.3. PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO.

La preparación **pre-quirúrgica** incluye durante los 3 días anteriores a la cirugía:

- Higiene palpebral con toallitas estériles mañana y noche para la prevención de blefaritis.
- Un AINE tópico: Diclofenaco 1mg/ml cada 8 horas (Colirio Diclofenaco-Lepori® Unidosis, Angelini®).
- Un antibiótico tópico de amplio espectro: Moxifloxacino 5mg/ml cada 8 horas, (Colirio Vigamox®, Lab. Alcon Cusí, S.A.).
- El mismo día de la cirugía:
  - Ciclopléjico (Colirio Ciclopléjico®, Lab. Alcon Cusí, S.A.) cada 15 minutos durante 1 hora antes de llegar a quirófano.
  - El paciente acude en ayunas y acompañado.

El **manejo quirúrgico** incluye:

- Paciente monitorizado y presencia de anestesista.
- Todas las cataratas de la cirugía simultánea son realizadas por el mismo cirujano experto, en nuestro caso el **Dr. José Ramón Hueso**.
- Desinfección de párpados y fondos de saco con povidona iodada 4% tópico (Betadine, MEDA Pharma, S.A.U.). Esta medida ha sido y sigue siendo el principal método de profilaxis de la endoftalmitis en la cirugía de la catarata (Nentwich MM, 2015). Previamente al uso de la povidona iodada a nivel ocular se administra al paciente un anestésico tópico con tetracaína y nafazolina para evitar el picor que provoca su uso (Colicursí Anestésico®, Lab. Alcon Cusí, S.A.)
- La incisión se realiza en córnea clara con una longitud de 2,2 cm y un diseño valvulado en dos trayectorias. Las incisiones se sitúan en la zona predeterminada del eje corneal positivo variando la posición para minimizar el astigmatismo. En casos de astigmatismos corneales mayores o iguales de 1 D se realiza incisiones limbares relajantes según el normograma de Nichamin (Nichamin LD, 2008). En casos de cilindros corneales mayores o iguales de 1,5 D se excluía al paciente.
- La anestesia es tópica e intracamerular. A nivel tópico se utiliza tetracaína y nafazolina (Colicursí Anestésico®, Lab. Alcon Cusí, S.A.). Y a nivel intracamerular

se utiliza la lidocaína al 1% sin conservantes (Ezra DG, 2007). En los pacientes que lo precisen se utilizará sedación monitorizada con presencia de anestesista.

- El paño estéril quirúrgico doblemente fenestrado formaba parte del Custom-Pak®, de Alcon®. La esterilidad se guardó de aisladamente un ojo de otro (empleando una caja de instrumental y material fungible para cada ojo por separado).
- La técnica de facoemulsificación es una variante del Dr. Hueso: Fractura nuclear Bimanual y posterior facoemulsificación con ultrasonidos.
- El aparato de facoemulsificación es el mismo en todos los casos (el Infiniti Vision Cataract Removal System, de Alcon®) y los parámetros son los estándares de la cirugía de cataratas semiduras. Se utilizó viscoelásticos (4% Chondroitin Sulfate, 3% Hyaluronate) para proteger endotelio y dar estabilidad a la cámara anterior, de la marca Viscoat®, de Alcon®.
- Se implanta un anillo de tensión capsular para proporcionar estabilidad zonular y reducir las aberraciones de tercer orden provocadas por la lente multifocal relacionadas con el descentramiento de la misma (Mastropasqua R, 2013). Dicho anillo fue el Capsular Tension Ring ACPI – 11 (CE0459), Croma-Pharma GmbH®. En el grupo de las LIOs monofocales también introducimos el ATC, ya que esto facilita que el saco capsular mantenga su forma, evitando el síndrome de fibrosis capsular y el descentramiento de LIO.
- Al final de la cirugía se introduce un antibiótico intracamerular a modo de profilaxis de la endoftalmitis, la cefuroxima intracamerular (Endophthalmitis Study Group, 2007), (García-Sáenz MC, 2010) y se da un punto de sutura corneal en la incisión principal a modo de seguridad.

#### 4.2.4. EVALUACIÓN CLÍNICA.

El **manejo postquirúrgico** incluye:

- Revisión al día siguiente y a la semana. En dichas revisiones no se tienen en cuenta los parámetros a estudio, salvo anotación de posibles complicaciones.
- En la revisión de la semana se retira el punto de sutura corneal.
- En el grupo de la cirugía secuencial, la media de tiempo, en operar el segundo ojo fue de 143 días.

- Revisiones al mes, 3 y 6 meses, donde se evalúan todos los parámetros a estudio.
- Los parámetros a estudio evaluados fueron:
  - La agudeza visual no corregida lejana y cercana al mes, tres meses, seis meses, de manera monocular y binocular.
  - La mejor agudeza visual corregida lejana y cercana al mes, tres meses, seis meses, de manera monocular y binocular.
  - La necesidad o independencia de las gafas para realizar actos de la vida cotidiana, tanto de cerca como de lejos.
  - La estereopsis (medida con Test Titmus).
  - La sensibilidad al contraste medida en condiciones fotópicas y mesópicas al mes, 3 meses y 6 meses de la cirugía.
  - A su vez anotábamos las posibles alteraciones visuales o complicaciones derivadas de la cirugía, referidas o no.

	PRE-QX	1ª semana	1º mes	3º mes	6ºmes
<b>MAVNC LEJOS</b>					
-OD					
-OI					
-AO					
<b>MAVCC LEJOS</b>					
-OD					
-OI					
-AO					
<b>REFRACCIÓN LEJOS</b>					
-OD					
-OI					
<b>MAVNC CERCA</b>					
-OD					
-OI					
-AO					
<b>MAVCC CERCA</b>					
-OD					
-OI					
-AO					
<b>REFRACCIÓN CERCA</b>					
-OD					
-OI					
<b>SC FOTÓPICA</b>					
-OD					
-OI					
-AO					
<b>SC MESÓPICA</b>					
-OD					
-OI					
-AO					
<b>ESTEREOPSIS</b>					
<b>ALT. VISUALES</b>					
<b>COMPLICACIONES</b>					

**Tabla 5. Parámetros estudiados y visitas programadas.**

#### 4.2.5. EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN SUBJETIVA.

Para el estudio de la satisfacción global subjetiva se utilizó una Escala Visual Analógica (EVA). Las EVAs se utilizan normalmente para valorar la intensidad del dolor de una patología (Rodríguez-Mansilla J, 2014). Es una prueba muy sencilla en la que el paciente en una escala de 1-10 marca la intensidad del síntoma que se le propone. Los estudios realizados demuestran que el valor de la escala refleja de forma fiable la intensidad del dolor y su evolución. También se puede aplicar a otras medidas de calidad de vida, como en nuestro caso la satisfacción subjetiva de un determinado tratamiento, proceso, o recuperación funcional.

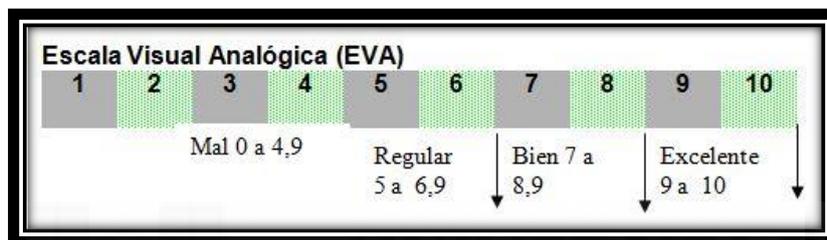


Fig.69. Escala Visual Analógica de satisfacción.

En nuestro caso, al final del estudio (6º mes) se utilizó una EVA graduada numéricamente del 1 al 10. Al paciente se le orientó a puntuar entre 0-4,9 si consideraba mal la experiencia subjetiva por la que se le preguntaba; entre 5-6,9 si consideraba regular la experiencia; entre 7-8,9 si la consideraba bien; y entre 9-10 si consideraba excelente la experiencia.

Los parámetros subjetivos evaluados por la EVA fueron:

- Por una parte, la satisfacción del proceso quirúrgico y de revisiones. Es decir, cómo había impactado en la calidad de vida del paciente el someterse a una intervención médico-quirúrgica, como era la cirugía de cataratas y sus revisiones. A esta escala se le llamó **EVA quirúrgica**, aunque comprende más factores que la simple cirugía.
- Por otra parte, se evaluó la satisfacción de la recuperación visual alcanzada tras la operación de cataratas, tanto de cómo percibía el paciente la cantidad y calidad visual subjetiva, y la rapidez de recuperación de las actividades de la vida cotidiana. A esta escala se le llamó **EVA visual**, aunque engloba más factores que la simple agudeza visual.

#### 4.2.6. ESTUDIO ECONÓMICO.

Para el estudio del coste-beneficio se ha utilizado el **S.I.E. (Sistema de Información Económica)** del Hospital de San Juan de Alicante. Los parámetros evaluados han sido:

- Coste de consultas de oftalmología: Primeras consultas y revisiones.  
El grupo a estudio presenta 1 primera consulta y 4 revisiones programadas, mientras que el grupo estándar tiene 2 primeras consultas y 8 revisiones programadas.
- Coste de estudio prequirúrgico: Analíticas, electrocardiograma (ECG), radiografía de tórax (Rx) y consultas de anestesia.  
El grupo a estudio presenta 1 analítica, 1 ECG, 1 Rx y 1 consulta de anestesia. Por el contrario, el grupo estándar tiene 2 analíticas, 2 ECG, 2 Rx y 2 consultas de anestesia. El coste de la analítica se ha estimado sobre la analítica típica de paciente que se va a someter a cirugía (bioquímica básica, hematemetría, y hemostasia básica). Hay pacientes con patologías de base o que toman medicamentos como el sintrom que pueden variar este coste.
- Coste de pruebas diagnóstico-terapéuticas (dx-tx) como la biometría y en contaje endotelial. Tanto grupo a estudio como el estándar precisan de 1 biometría y 1 contaje. El S.I.E. da el mismo precio a ambas pruebas.
- Coste del minuto de quirófano (en este concepto se incluyen los costes indirectos (superficie, luz, limpieza, etc.) y los costes directos (profesionales, material, etc.).  
El grupo a estudio se ha estimado un tiempo medio de 45 minutos por intervención (ya que es el tiempo medio desde que se prepara el paciente en antequirófano hasta que se termina la intervención y el paciente va a la unidad de recuperación post-anestesia). Por el contrario, el grupo de cirugía estándar se estima un tiempo medio de 30 minutos por intervención y esto ocurre dos veces por paciente, es decir 60 minutos por paciente.
- Coste de las prótesis implantadas: Lentes intraoculares (LIO) y anillos de tensión capsular (ACT).

El grupo de la LIO multifocal implanta 1 prótesis en cada ojo a la vez y el grupo de la LIO monofocal implanta 1 prótesis en cada ojo. Es decir, dos lentes y dos anillos por paciente intervenido de ambos ojos. Comentar que en el momento de realizar el estudio la LIO multifocal costaba 281,18 euros, pero actualmente en el momento de escribir la tesis cuesta 295,10 euros.

- Coste de la URPA (unidad de recuperación post-anestesia).

El grupo a estudio acude 1 sola vez a la URPA mientras que el grupo estándar acude dos veces a la URPA.

#### 4.2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En primer lugar, se determina el **tamaño de la muestra**, tomando en consideración la prevalencia de cataratas según nuestros datos preliminares. Para un nivel de confianza del 95%, con una  $p$  de 0.05, y una potencia estadística de entre el 70 y 80%.

Se realizará un estudio **descriptivo** de los distintos datos recogidos en los diferentes grupos de estudio, expresado como media, desviación estándar, intervalos de confianza, mediana y rango en las variables continuas.

El estudio analítico entre los distintos grupos de estudio se establecerá mediante el estadístico chi-cuadrado para las variables cualitativas; para la determinación de la normalidad de las variables cuantitativas se analizarán mediante el estadístico **t de Student** para datos independientes. Como límite de significatividad se tomará una  $p < 0,01$  y se especificará expresamente cuando exista una  $p < 0,05$ . Todos los datos serán analizados utilizando el paquete estadístico SPSS 20.

Se rechaza la hipótesis nula si el valor  $p$  asociado al resultado observado es igual o menor que el nivel de significación establecido, convencionalmente 0,05 ó 0,01. Es decir, el valor  $p$  nos muestra la probabilidad de haber obtenido el resultado que hemos obtenido si suponemos que la hipótesis nula es cierta. Si el valor  $p$  es inferior al nivel de significación nos indica que lo más probable es que la hipótesis de partida sea falsa. Sin embargo, también es posible que estemos ante una observación

atípica, por lo que estaríamos cometiendo el error estadístico de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es cierta basándonos en que hemos tenido la mala suerte de encontrar una observación atípica. Este tipo de errores se puede subsanar rebajando el valor  $p$ ; un valor  $p$  de 0,05 (\*) es usado en investigaciones habituales sociológicas mientras que valores  $p$  de 0,01 (\*\*) se utilizan en investigaciones médicas, en las que cometer un error puede acarrear consecuencias más graves. También se puede tratar de subsanar dicho error aumentando el tamaño de la muestra obtenida, lo que reduce la posibilidad de que el dato obtenido sea casualmente raro.

El valor  $p$  es un valor de probabilidad, por lo que oscila entre 0 y 1. Así, se suele decir que valores altos de  $p$ , NO RECHAZAN la hipótesis nula ( $H_0$ ) o, dicho de forma correcta, no permiten rechazar la  $H_0$ . De igual manera, valores bajos de  $p$  rechazan la  $H_0$ .

Es importante recalcar el hecho no rechazar la  $H_0$ , significa que la tacha de verosímil, lo que no significa obligatoriamente que sea cierta, simplemente que es más probable de serlo. La significación estadística  $p < 0,01$  se representará a partir de ahora con color amarillo en las tablas de datos. Mientras que la significación estadística  $p < 0,05$  se representará de color verde en las tablas de datos. El análisis pormenorizado del SPSS (con las tablas de resultados estadísticos) está en el apartado 9, Anexo Estadístico.

#### **4.2.8. ASPECTOS ÉTICOS.**

El estudio se realizará siguiendo las normas de buena práctica clínica de Helsinki. Se dispone del consentimiento informado de los pacientes para participar en el estudio y revisar las historias clínicas, conforme lo previsto en la Ley 41/2002. Se garantizará la confidencialidad de la información recogida según la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Para la realización del proyecto se solicitarán los permisos preceptivos a la Comisión de Investigación del Hospital Clínico de San Juan y al Comité Ético correspondiente.

A su vez el autor niega intereses financieros en este estudio.



## **5. RESULTADOS**



## 5. RESULTADOS.

Dentro del grupo de cirugía estándar entraron 54 pacientes y dentro del grupo de cirugía a estudio (Simultánea- LIO multifocal) entraron 54 pacientes. Del primer grupo de cirugía estándar, 2 pacientes rechazaron ser intervenidos del segundo ojo.

Parámetros evaluados:

- 5.1. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de lejos, binocular.
- 5.2. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de cerca, binocular.
- 5.3. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de lejos, binocular.
- 5.4. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de cerca, binocular.
- 5.5. Sensibilidad al Contraste (SC) Fotópico de lejos, binocular.
- 5.6. Sensibilidad al Contraste (SC) Fotópico de cerca, binocular.
- 5.7. Sensibilidad al Contraste (SC) Mesópico de lejos.
- 5.8. Estereopsis.
- 5.9. Independencia a Gafas.
- 5.10. Efectos Adversos.
  - 5.10.1. Efectos Adversos derivados de la Cirugía Simultánea.
  - 5.10.2. Efectos adversos derivados de las LIOs Multifocales (Disfotopsias).
- 5.11. Escala Visual Analógica de satisfacción subjetiva.
- 5.12. Coste Económico.

Nota: Los resultados estadísticamente significativos con una  $p < 0,01$  aparecerán en las tablas descriptivas en color amarillo y con un doble asterisco (\*\*), mientras que los resultados con una  $p < 0,05$  (pero  $> 0,01$ ), aparecerán en verde con un asterisco (\*). Por último, los resultados no significativos aparecerán sin asteriscos y en un recuadro blanco. En el anexo estadístico (pág.154) quedan reflejadas las distintas tablas de contingencia, donde se describen la media, desviación típica, error típico de la media, intervalos de confianza, los grados de libertad y el “p valor” asociado, de los distintos parámetros evaluados.

### 5.1. MEJOR AV CON CORRECCIÓN DE LEJOS BINOCULAR.

Comparados con la agudeza visual pre-operatoria ambos grupos demuestran mejorar significativamente la agudeza visual lejana corregida y no corregida, ya sea de

manera monocular o binocularmente. Pasamos de una agudeza visual binocular media de 0,41 en el grupo de la cirugía monofocal y 0,43 en el grupo de la cirugía multifocal a unas medias al mes de 0,8 y 0,91 respectivamente, siendo ambos resultados estadísticamente significativos. Las diferencias se incrementan en ambos grupos a los 3 y 6 meses comparados previamente a la cirugía.

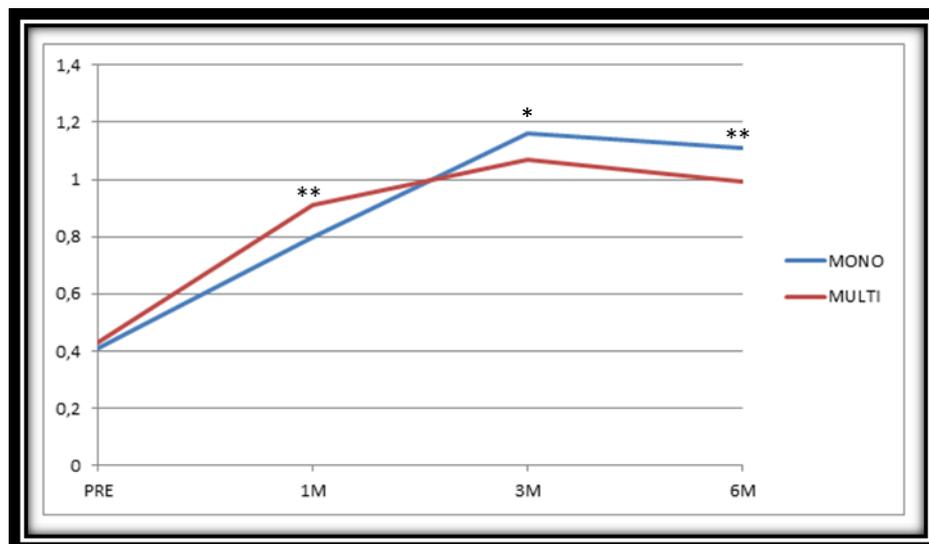
Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	AV PRE - AV 1M	-,3660	,1767	,0172	-,4001	-,3320	-21,330	105	,000
Par 2	AV PRE - AV 3M	-,4774	,1107	,0107	-,4987	-,4560	-44,415	105	,000
Par 3	AV PRE - AV 6M	-,4774	,1107	,0107	-,4987	-,4560	-44,415	105	,000

**Tabla 6. Comparación de la AV previa, con la AV post-cirugía al mes, 3 y 6 meses.**

Cuando se trata de comparar la MAVCC, entre el grupo de cirugía monofocal con el grupo de cirugía multifocal, encontramos que, **al mes** de la cirugía, la MAVCC de lejos binocular es de 0,8 en el grupo monofocal y de 0,91 en el grupo multifocal, siendo significativamente estadístico **a favor del grupo multifocal**.

	PRE	1M	3M	6M
MONOFOCAL	0,41	0,8	1,16*	1,11**
MULTIFOCAL	0,43	0,91**	1,07	0,99

**Tabla 7. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de lejos, binocular.**



**Gráfico 1. Curvas de Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de lejos.**

A los **3 y 6 meses** la MAVCC, sin embargo, es favorable al **grupo Monofocal**; siendo a los 3 meses de 1,16 vs 1,07 ( $p < 0,05$ ) y a los 6 meses de 1,11 vs 0,99 ( $p < 0,01$ ). Estos resultados, a favor de la monofocal a los 6 meses, los consideramos como un posible sesgo estadístico. Ya que en los distintos estudios publicados en la literatura, no se observan diferencias significativas a favor de las monofocales en cuanto a agudeza visual lejana (Leyland M Z. E., 2003) (Leyland M P. E., 2006) (Calladine D, Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction, 2012) (Calladine D, Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction, 2015). Además, el grupo a estudio (simultánea multifocal) alcanza la visión de 0,99, que es prácticamente, la visión de la unidad.

## 5.2. MEJOR AV CON CORRECCIÓN DE CERCA, BINOCULAR.

Respecto a la MAVCC de cerca, binocular vemos que al mes es mayor de manera significativa en el grupo de la cirugía multifocal (0,98 vs 0,79). Estas diferencias desaparecen a los 3 y 6 meses (unidad en ambos grupos, en ambas fechas).

MEJOR AGUDEZA VISUAL CORREGIA DE CERCA (MAVCC) BINOCULAR				
	PRE	1M	3M	6M
MONOFOCAL	0,53	0,79	1	1
MULTIFOCAL	0,51	0,98**	1	1

**Tabla 8. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de cerca, binocular.**

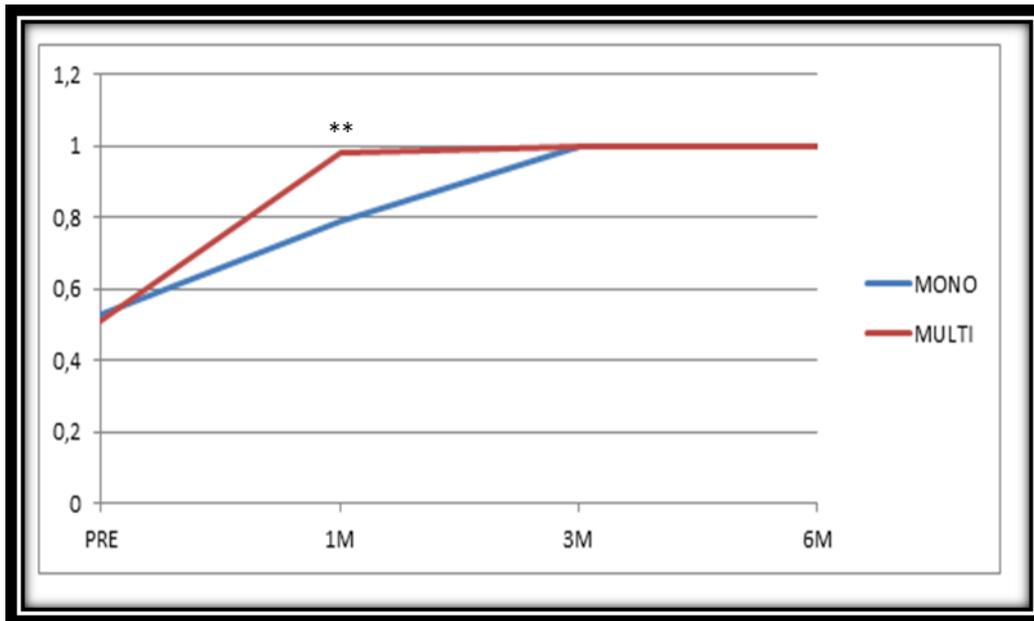


Gráfico 2. Curvas de Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de cerca.

### 5.3. MEJOR AV NO CORREGIDA DE LEJOS, BINOCULAR.

Respecto a la MAVNC de lejos binocular, vemos que al mes es mayor de manera significativa en el grupo de la cirugía multifocal (0,85 vs 0,75). Estas diferencias desaparecen a los 3 meses (0,89 vs 0,93) y 6 meses (0,88 vs 0,9).

MEJOR AGUDEZA VISUAL NO CORREGIDA LEJOS (MAVNCL) BINOCULAR				
	PRE	1M	3M	6M
MONOFOCAL	0,27	0,75	0,93	0,9
MULTIFOCAL	0,30	0,85**	0,89	0,88

Tabla 9. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de lejos, binocular.

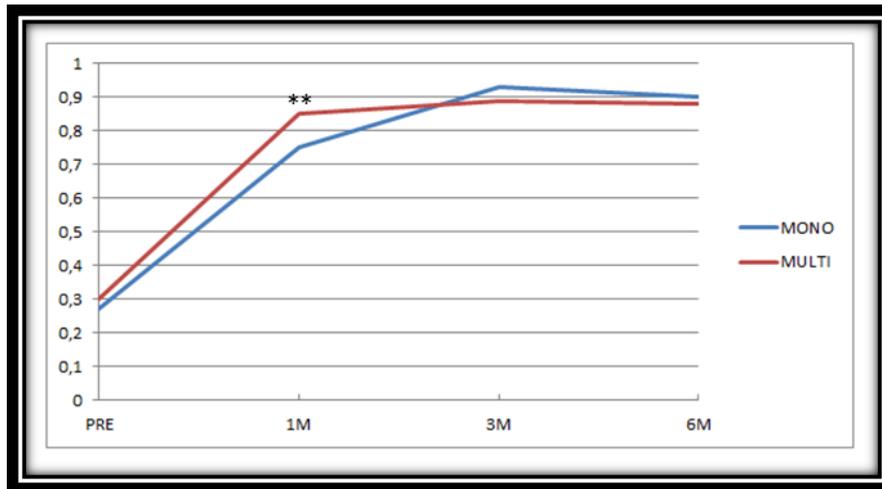


Gráfico 3. Curvas de Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de lejos.

#### 5.4. MEJOR AV NO CORREGIDA DE CERCA, BINOCULAR.

Respecto a la MAVNC de cerca binocular, vemos que, según lo esperado, la agudeza visual es mayor en el grupo de la Multifocal tanto al mes (0,9 vs 0,28), como a los 3 meses (0,89 vs 0,26) y a los 6 meses (0,89 vs 0,26).

	PRE	1M	3M	6M
MONOFOCAL	0,26	0,28	0,26	0,26
MULTIFOCAL	0,28	0,90**	0,89**	0,89**

Tabla 10. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de cerca, binocular.

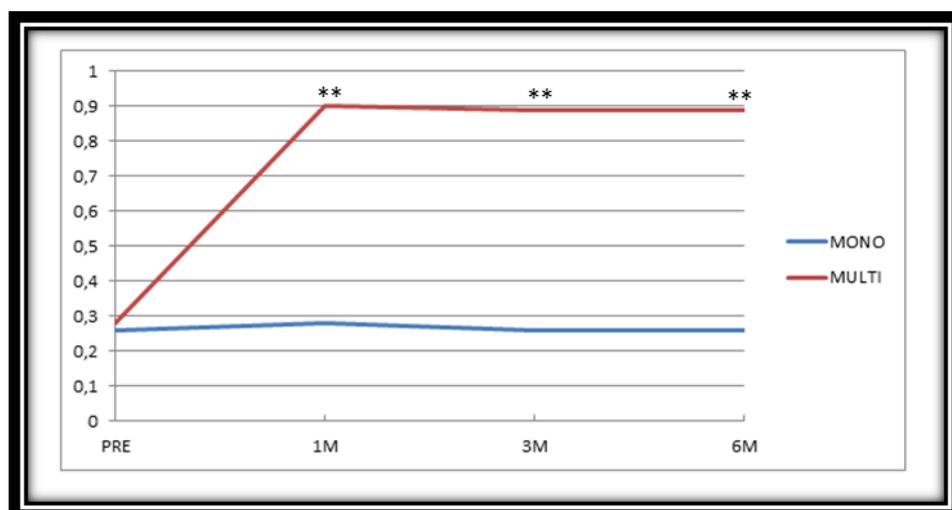


Gráfico 4. Curvas de Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de cerca.

### 5.5. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE FOTÓPICA DE LEJOS BINOCULAR.

Al comparar los valores de la sensibilidad fotópica (SC) de lejos, vemos que no se observan diferencias al mes. A los 3 meses, aparecen diferencias con significación estadística de  $p < 0,05$ , a favor de la cirugía Monofocal, en altas frecuencias de 18CPG (0,96 vs 0,88). A los 6 meses, se repite estas diferencias de contraste en altas frecuencias de 18 CPG, pero esta vez con significación estadística de  $p < 0,01$  (1,00 vs 0,88).

CPG	1MES		3MESES		6MESES	
	MONOFOCAL	MULTIFOCAL	MONOFOCAL	MULTIFOCAL	MONOFOCAL	MULTIFOCAL
3	1.71	1.68	1.76	1.73	1.79	1.77
6	1.65	1.64	1.65	1.64	1.65	1.62
12	1.28	1.26	1.31	1.27	1.42	1.31
18	0.76	0.76	0.96*	0.88	1.00**	0.88

Tabla 11. Tabla de SC fotópica de lejos, al mes, 3 y 6 meses.

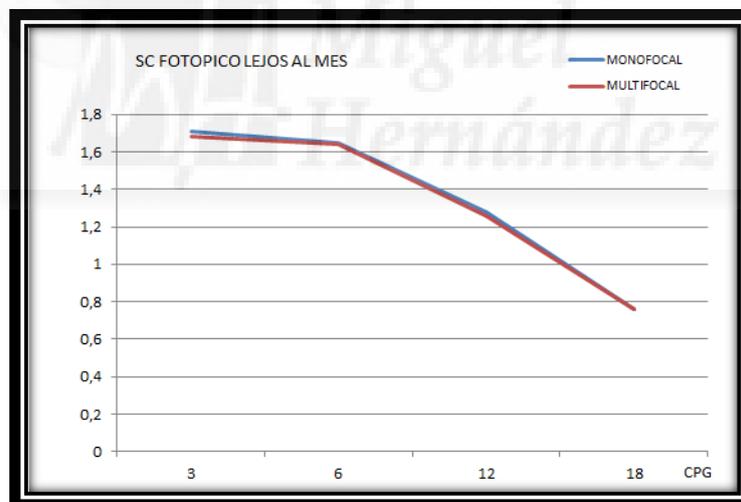
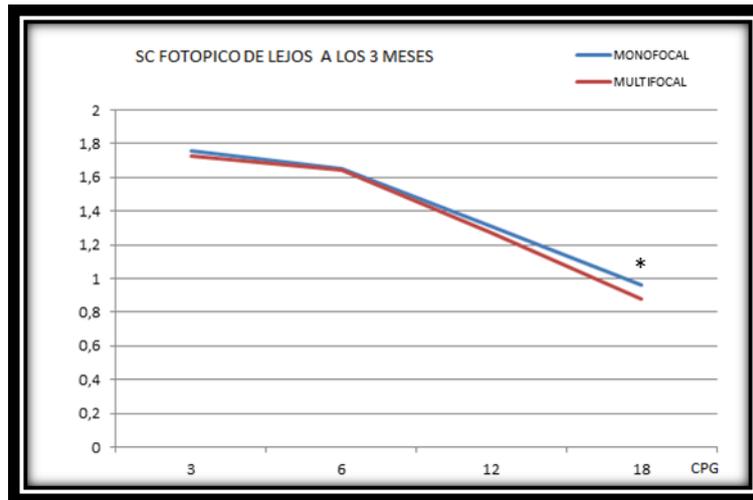
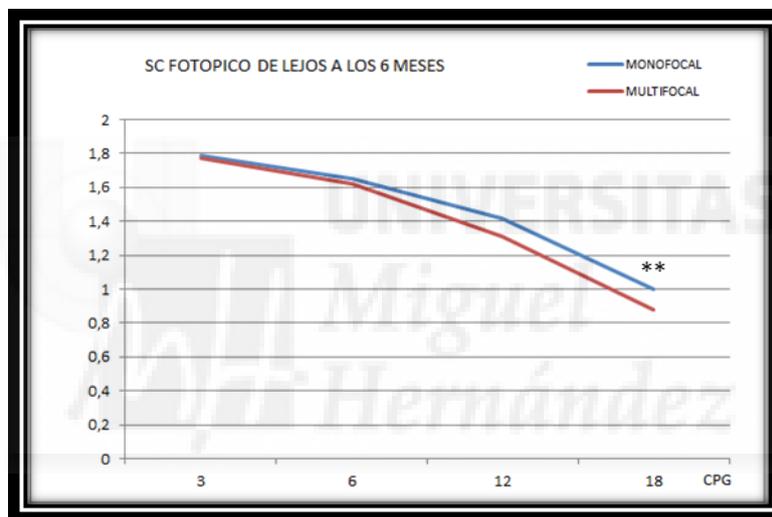


Gráfico 5. Curvas de SC fotópica de lejos, al mes.



**Gráfico 6. Curvas de SC fotópica de lejos, a los 3 meses.**



**Gráfico 7. Curvas de SC fotópica de lejos, a los 6 meses.**

#### 5.6. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC) FOTÓPICA DE CERCA BINOCULAR.

Al analizar los resultados de la SC fotópica de cerca, vemos diferencias significativas a favor de la Multifocal durante el primer mes, en frecuencias espaciales bajas de 3 y 6 CPG (1,85 vs 1,34 para 3 CPG y 1,87 vs 1,40 para 6 CPG).

Sin embargo, las diferencias se invierten a favor de la Monofocal, a los 3 y 6 meses, en frecuencias espaciales altas de 12 y 18 CPG.

Al final de los 6 meses, la Monofocal es superior en dichas frecuencias altas (1,82 vs 1,43 en 12 CPG y 1,3 vs 0,8 en 18 CPG).

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE FOTOPICO DE CERCA						
CPG	1MES		3MESES		6MESES	
	MONOFOCAL	MULTIFOCAL	MONOFOCAL	MULTIFOCAL	MONOFOCAL	MULTIFOCAL
3	1.34	1.85**	1.93	1.93	1.93	1.93
6	1.40	1.87**	1.94	1.92	1.94	1.91
12	1.32	1.34	1.82**	1.43	1.82**	1.43
18	0.72	0.75	1.30**	0.80	1.30**	0.80

Tabla 12. Tabla de Sensibilidad al contraste fotópica de cerca, al mes, 3 y 6 meses.

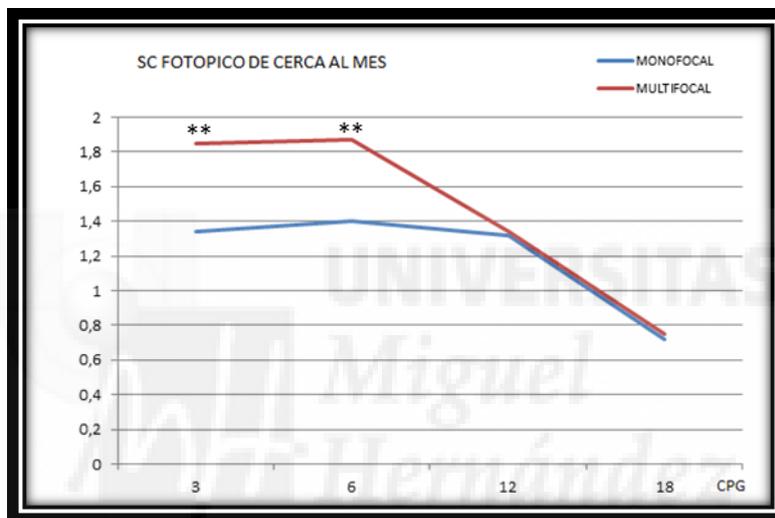


Gráfico 8. Curvas de SC fotópica de cerca, al mes.

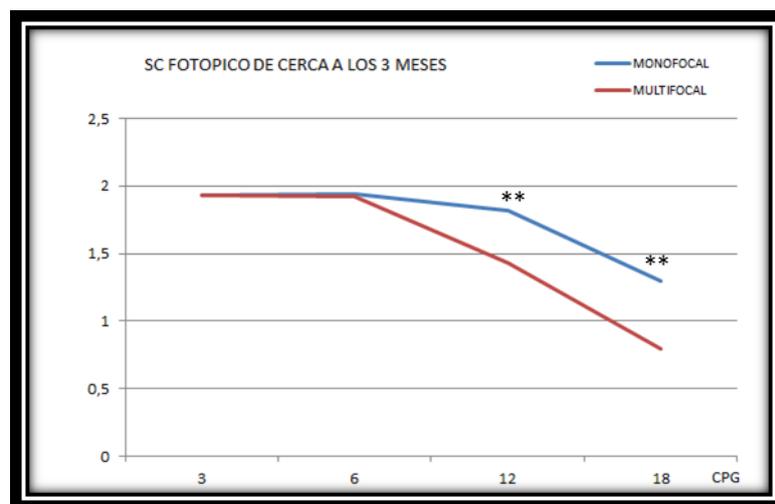


Gráfico 9. Curvas de SC fotópica de cerca, a los 3 meses.

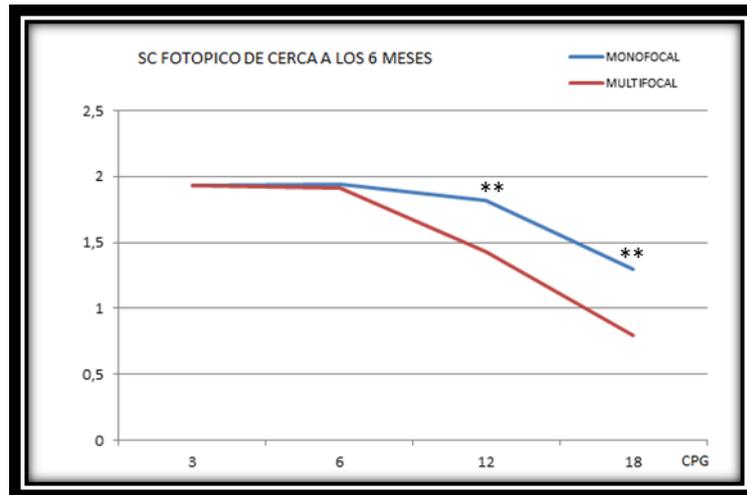


Gráfico 10. Curvas de SC fotópica de cerca, a los 6 meses.

### 5.7. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC) MESÓPICA DE LEJOS BINOCULAR.

Al estudiar los resultados de la SC mesópica de lejos, vemos que las lentes monofocales consiguen diferencias significativas desde el principio y la mantienen.

Los valores finales de la SC mesópica de lejos son significativas ( $p < 0,01$ ) especialmente en valores altos de la SC, tanto en 12 CPG (1 vs 0,75), como en 18 CPG (0,41 vs 0,26).

Aunque a los 6 meses, también consiguen ser superiores en frecuencias espaciales bajas (de 3 CPG). Anteriormente durante el primer mes y a los 3 meses, no han existido diferencias significativas en este apartado. Además la  $p$  es  $< 0,05$ , pero  $> 0,01$ . Por lo que tomaremos este resultado con la debida precaución.

CPG	1MES		3MESES		6MESES	
	MONOFOCAL	MULTIFOCAL	MONOFOCAL	MULTIFOCAL	MONOFOCAL	MULTIFOCAL
3	1.59	1.52	1.64	1.59	1.66*	1.55
6	1.50	1.46	1.52	1.48	1.54	1.52
12	0.99**	0.73	1.01**	0.75	1.00**	0.75
18	0.37**	0.25	0.38**	0.25	0.41**	0.26

Tabla 13. Tabla de SC mesópica de cerca, al mes, 3 y 6 meses.

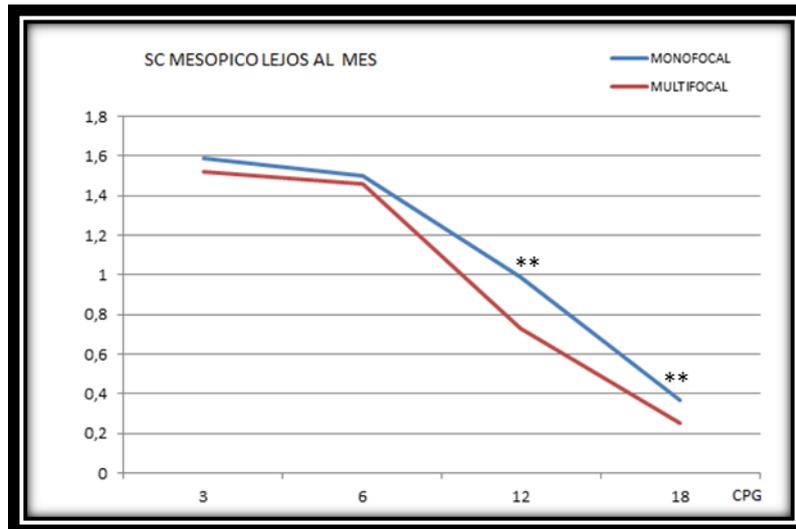


Gráfico 11. Curvas de SC mesópica de cerca, al mes.

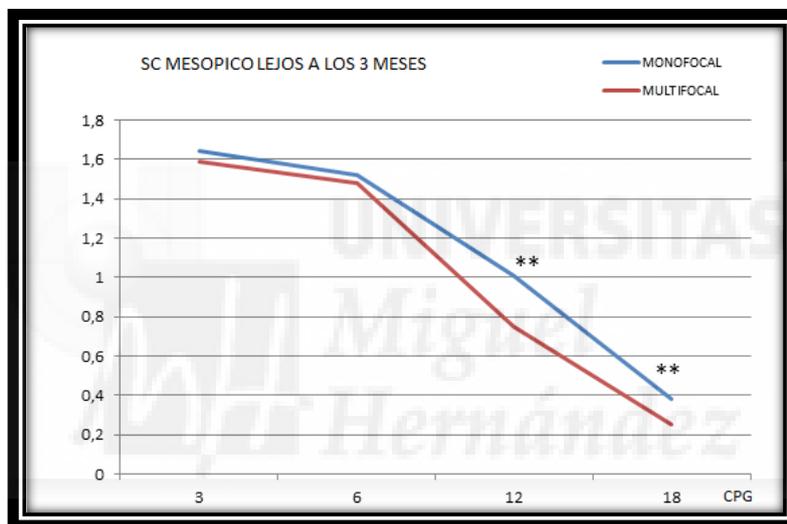


Gráfico 12. Curvas de SC mesópica de cerca, a los 3 meses.

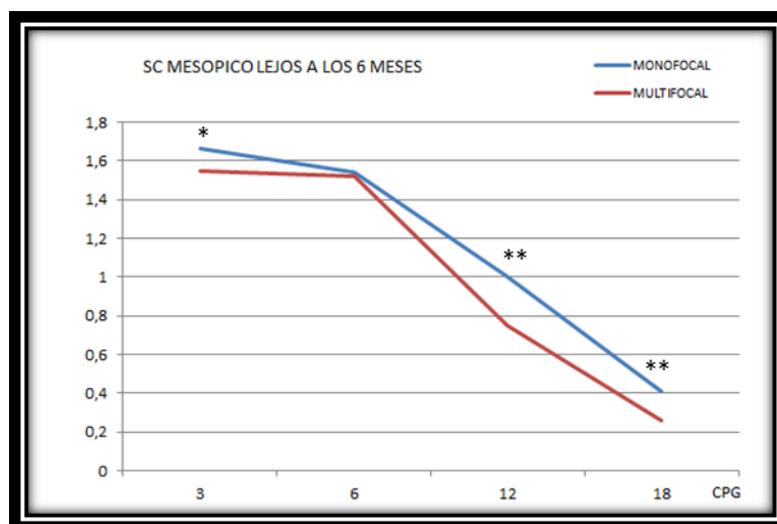


Gráfico 13. Curvas de SC mesópica de cerca, a los 6 meses.

## 5.8. ESTEREOPSIS.

La estereoagudeza normal es de 60 segundos= 1 minutos de arco. Cuanto más baja, mejor estereoagudeza. Al estudiar los valores finales de la estereopsis vemos una temprana superioridad de las lentes multifocales con diferencias significativas al mes (253,33 vs 650,38) y a los 3 meses (66,29 vs 253,07). Sin embargo, a los 6 meses estas diferencias desaparecen.

	ESTEREOPSIS		
	1 MES	3 MESES	6 MESES
MONOFOCAL	650,38	253,07	69,61
MULTIFOCAL	253,33**	66,29**	65

Tabla 14. Estereopsis, al mes, 3 y 6 meses.

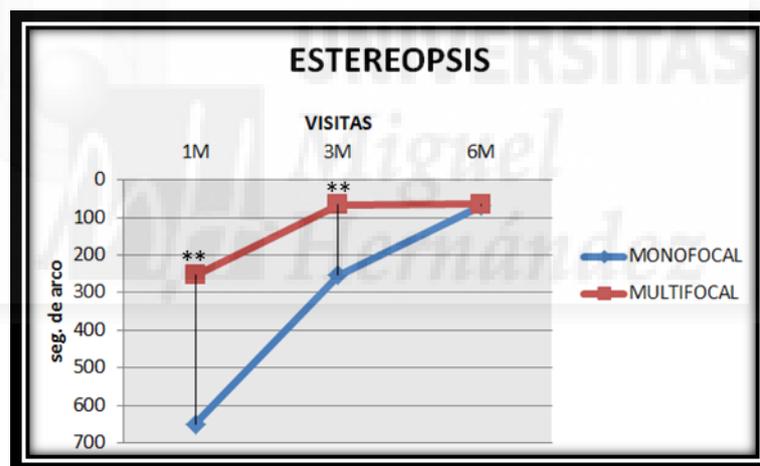


Gráfico 14. Estereopsis, al mes, 3 y 6 meses.

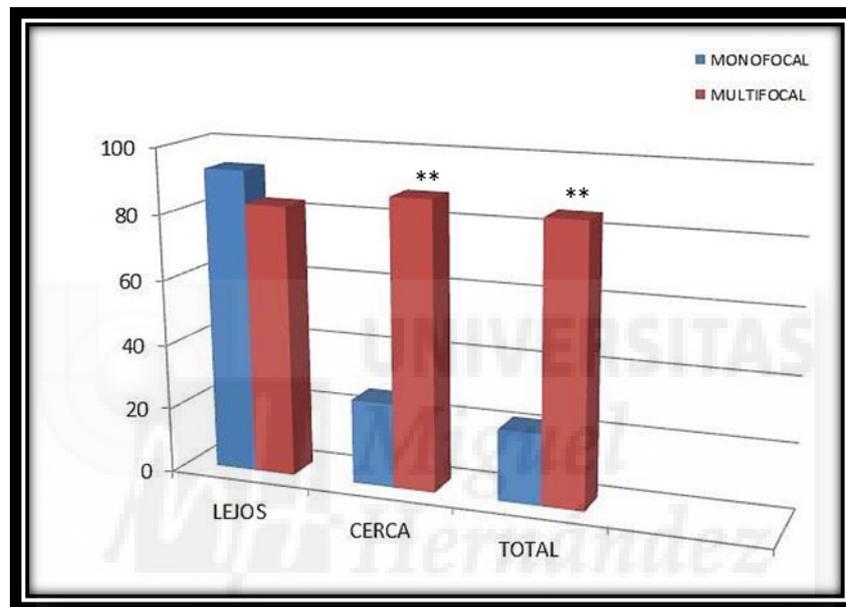
## 5.9. INDEPENDENCIA A GAFAS.

Este apartado arroja resultados apabullantes a favor de la multifocalidad, como era de esperar, consiguiendo la independencia a gafas total (es decir la no necesidad de usar gafas de cerca, ni de lejos para las actividades de la vida diaria) en un 85% de los pacientes frente a los 22% de la monofocal.

En independencia de gafas de lejos no hay diferencias significativas, mientras que en independencia a gafas de cerca sí existen diferencias a favor de las LIOs multifocales (88% vs 26%).

INDEPENDENCIA A GAFAS			
	LEJOS	CERCA	LEJOS Y CERCA
MONOFOCAL n=52	93%	26%	22%
MULTIFOCAL n=54	83%	88%**	85%**

**Tabla 15. Porcentajes de independencia a gafas de lejos, cerca y total.**



**Gráfico 15. Porcentajes de independencia a gafas de lejos, cerca y total.**

## 5.10. EFECTOS ADVERSOS.

### 5.10.1. EFECTOS ADVERSOS DERIVADOS DE LA CIRUGÍA.

Respecto a la seguridad del estudio comentar que el número de complicaciones quirúrgicas fue realmente bajo.

	COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS	IRITIS	SEIDEL	PICO HTO	EDEMA CORNEAL	HERPES	TOTAL
MONOFOCAL SECUENCIAL N= 104	0	2	0	1	2	1	6
MULTIFOCAL SIMULTÁNEA N=108	0	1	1	1	2	0	5

**Tabla 16. Tabla de complicaciones de las distintas cirugías.**

En el grupo de la **cirugía secuencial** no hubo ninguna complicación intraoperatoria.

En el postoperatorio se objetivaron 2 iritis, un pico de hipertensión ocular, 3 edemas corneales con repercusión visual y 1 herpes corneal. En todos los casos se resolvieron dichas complicaciones antes de la revisión del mes. Total, de complicaciones 5,7%, ninguna de ellas graves. En el grupo de **cirugía bilateral simultánea** tampoco hubo ninguna complicación intraoperatoria. En el postoperatorio se objetivó una iritis, un seidel tras retirada de sutura corneal, un pico de hipertensión ocular, dos edemas corneales con repercusión visual a la semana de la cirugía. En todos los casos se resolvieron dichas complicaciones antes de la revisión del mes. Total, de complicaciones 4,6 %, ninguna de ellas graves.

#### 5.10.2. DISFOTOPSIAS DERIVADAS DE LAS LENTES INTRAOCULARES.

Los pacientes refirieron disfotopsias en los siguientes casos:

	HALOS	DESLUMBRAMIENTOS	SOMBRA TEMPORAL	TOTAL
MONOFOCAL SECUENCIAL N= 104	1	1	0	2
MULTIFOCALES SIMULTÁNEA N=108	1	2	0	3

**Tabla 17. Tabla de disfotopsias de las distintas cirugías.**

Del grupo de la Monofocalidad un paciente refirió espontáneamente halos nocturnos y otro paciente deslumbramientos. Ambos pacientes se quejaron de estas molestias tras operarse el primer ojo y sin tener defecto refractivo residual significativo (<1 Dioptría). En ambos casos, estas disfotopsias mejoraron tras operarse el segundo ojo y a los 6 meses desaparecieron.

Del grupo de la Multifocalidad, un paciente refirió espontáneamente halos y 2 más deslumbramientos (en ningún caso había defecto refractivo residual significativo). En los tres casos mejoraron tras adaptación y a los 6 meses ninguno aquejaba dichos problemas.

Cabe reseñar que como vemos, en nuestro estudio, las disfotopsias positivas fueron más frecuentemente referidas que las disfotopsias negativas. Las disfotopsias totales fueron de 1,92% en las Monofocales vs 2,77% en grupo de las Multifocales.

### 5.11. ESCALA VISUAL ANALÓGICA (EVA) DE SATISFACCIÓN SUBJETIVA.

Por una parte, tenemos los resultados de la **EVA Visual**, que engloba cómo percibe el paciente la recuperación visual alcanzada tras la operación de cataratas (tanto en cantidad como en calidad visual subjetiva) y la rapidez de recuperación de las actividades de la vida cotidiana. La media de la EVA Visual del grupo a estudio (multifocal-simultáneo) es de 8,63 mientras que la media de la EVA quirúrgica del grupo estándar (monofocal-secuencial) es 7,85 siendo estas diferencias estadísticamente significativas.

Estadísticos de grupo					
	LIO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
EVA VISUAL	MONOFOCAL	52	7,85	1,092	,151
	MULTIFOCAL	54	8,63	1,015	,138
EVA QX	MONOFOCAL	52	6,21	1,143	,159
	MULTIFOCAL	54	9,19	,803	,109

**Tabla 18. Tabla de resultados de las Escalas Analógicas Visuales.**

Por otra parte, tenemos los resultados de la **EVA Quirúrgica**, que engloba cómo percibe el paciente el impacto en su calidad de vida tras someterse a una intervención médico-quirúrgica, como era la cirugía de cataratas y sus revisiones. La media de la EVA quirúrgica del grupo a estudio (multifocal-simultáneo) es de 9,19, mientras que la media de la EVA quirúrgica del grupo estándar (monofocal-secuencial) es 6,21 siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Recordemos que la calificación entre 5-7 era calificada como “regular” por el paciente y la puntuación entre 9-10 era calificada como “excelente”.

### 5.12. COSTE ECONÓMICO.

Para el estudio del coste-beneficio se ha utilizado el **S.I.E. (Sistema de Información Económica)** del Hospital de San Juan de Alicante. Los resultados obtenidos han sido:

La diferencia es, que a pesar de que la LIO multifocal es 152,85 € más cara que la monofocal (281,18 vs 128,33) el **coste total de la cirugía bilateral simultánea es 138,91 euros más barata que la monofocal secuencial, por paciente intervenido.**

En nuestro estudio operar los 54 pacientes de la cirugía multifocal simultánea costó 89.921,88 euros y operar a los 54 pacientes de la cirugía secuencial monofocal hubiera costado 97.423,02, es decir 7501,14 euros más. A nivel real, en nuestro estudio hubo dos pacientes del grupo de monofocal secuencial, que no se sometieron a la cirugía del segundo ojo. Lo que clínicamente supone un aspecto negativo, paradójicamente es bueno económicamente. Así a nivel económico se gastaron 1804,13 euros menos con la pérdida de estos dos pacientes. En cualquier caso, el grupo de la cirugía a estudio de 54 pacientes intervenidos de cirugía de cataratas bilateral costó 89.921,88 euros y el grupo estándar de 54 pacientes (con la pérdida de dos segundos ojos) costó 95.618,89, es decir 5697,01 euros más.

Como ya hemos explicado en Material y Métodos, no hemos tenido en cuenta el coste de la baja laboral (en casos de pacientes activos). Este parámetro no se incluye dentro del S.I.E. del hospital y presenta múltiples variables difícilmente mesurables. Tampoco hemos tenido en cuenta otros factores como:

- El impacto de las horas de ausencia laboral de los acompañantes.
- Los accidentes que se producen en el trayecto del enfermo al hospital derivados del mayor número de consultas de la cirugía estándar.
- Los accidentes de los pacientes en este grupo a causa de la recuperación visual más lenta.

A continuación, se muestra una tabla, en la que se refleja cada uno de los parámetros evaluados a nivel económico para las distintas cirugías a estudio:

CONCEPTO/PRECIO(EUROS)	CIRUGÍA SIMULTÁNEA MULTIFOCAL	CIRUGÍA SECUENCIAL MONOFOCAL
<b>1º VISITAS/(53,09€)</b>	1 (53,09€)	2 (106,18€)
<b>VISITAS SUCESIVAS/(26,55€)</b>	4 (106,2€)	8 (212,4€)
<b>ANALITICA/(18,35€)</b>	1 (18,35€)	2 (18,35€)
<b>RX/(10,67€)</b>	1 (10,67€)	2 (21,34€)
<b>ECG/(7,96€)</b>	1 (7,96€)	2 (15,92€)
<b>CONSULTA ANESTESIA/(14,54€)</b>	1 (14,54)	2 (29,08€)
<b>TECNICAS DX-TX/(31,86€)</b>	2 (63,72€)	2 (63,72€)
<b>PROTESIS LIO/ (MULTI=281,18€ Y MONO=128,33€)</b>	2 (562,36€)	2 (256,66€)
<b>PROTESIS ATC/(45,84€)</b>	2 (91,68€)	2 (91,68€)
<b>MINUTO DE QX/(16,15€)</b>	45 (726,75€)	30x2=60 (969€)
<b>URPA/(9,90€)</b>	1 (9,90€)	2 (19,8€)
	1665,22	1804,13

**Tabla 19. Tabla del costo económico de las distintas cirugías.**

Recordemos los conceptos que englobaban cada uno de los parámetros evaluados:

- Coste de consultas de oftalmología: Primeras consultas y revisiones.  
El grupo a estudio presenta 1 primera consulta y 4 revisiones programadas, mientras que el grupo estándar tiene 2 primeras consultas y 8 revisiones programadas.
- Coste de estudio prequirúrgico: Analíticas, electrocardiograma (ECG), radiografía de tórax (Rx) y consultas de anestesia.  
El grupo a estudio presenta 1 analítica, 1 ECG, 1 Rx y 1 consulta de anestesia. Por el contrario, el grupo estándar tiene 2 analíticas, 2 ECG, 2 Rx y 2 consultas de anestesia. El coste de la analítica se ha estimado sobre la analítica típica de paciente que se va a someter a cirugía (bioquímica básica, hematimetría, y hemostasia básica). Hay pacientes con patologías de base o que toman medicamentos como el sintrom que pueden variar este coste.

- Coste de pruebas diagnóstico-terapéuticas (dx-tx) como la biometría y en contaje endotelial. Tanto grupo a estudio como el estándar precisan de 1 biometría y 1 contaje. El S.I.E. da el mismo precio a ambas pruebas.
- Coste del minuto de quirófano (en este concepto se incluyen los costes indirectos (superficie, luz, limpieza, etc.) y los costes directos (profesionales, material, etc.).

El grupo a estudio se ha estimado un tiempo medio de 45 minutos por intervención (ya que es el tiempo medio desde que se prepara el paciente en antequirófano hasta que se termina la intervención y el paciente va a la unidad de recuperación post-anestesia). Por el contrario, el grupo de cirugía estándar se estima un tiempo medio de 30 minutos por intervención y esto ocurre dos veces por paciente, es decir 60 minutos por paciente.

- Coste de las prótesis implantadas: Lentes intraoculares (LIO) y anillos de tensión capsular (ATC).

El grupo de la LIO multifocal implanta 1 prótesis en cada ojo a la vez y el grupo de la LIO monofocal implanta 1 prótesis en cada ojo. Es decir, dos lentes y dos anillos por paciente intervenido de ambos ojos. Comentar que en el momento de realizar el estudio la LIO multifocal costaba 281,18 euros, pero actualmente en el momento de escribir la tesis cuesta 295,10 euros.

- Coste de la URPA (unidad de recuperación post-anestesia).

El grupo a estudio acude 1 sola vez a la URPA mientras que el grupo estándar acude dos veces a la URPA.





## 6. DISCUSIÓN



## **6. DISCUSIÓN.**

### **6.1. ESTADO DEL ARTE.**

Los cambios demográficos (debidos al envejecimiento de la población) conducirán a una duplicación de la cantidad de cataratas, la morbilidad visual, y la necesidad de la cirugía de cataratas. Los datos mundiales sobre la deficiencia visual en el año 2002 (Serge Resnikoff, 2002) estiman el número de personas con deficiencia visual debido a las cataratas en todo el mundo superó los 161 millones, y de ellos 37 millones sufrían ceguera. La catarata produce una pérdida de visión progresiva, bilateral e indolora que limita las actividades de la vida cotidiana (Klein BE, 2003) y aumenta el riesgo de accidente, como caídas (To KG, 2014) o quemaduras, en los pacientes que la sufren. Sin embargo, la pérdida de visión de la catarata es reversible con cirugía. Los avances en la cirugía han logrado que el tratamiento quirúrgico de la catarata sea muy coste-efectivo (O'Day DM, 1993). Por todos esos datos pensamos que es muy importante plantearse la excelencia en cuanto a la hora de tratar esta patología.

El actual sistema implantado y estandarizado en la mayoría de países desarrollados trata la cirugía de cataratas bilateral con implante de LIO monofocal y cirugía en dos actos quirúrgicos, con un período de tiempo variable entre ambas cirugías, en algunos casos semanas y en otros meses o incluso años. Esta forma de proceder se ha justificado tradicionalmente en argumentar que el riesgo quirúrgico es superior en caso de practicar cirugía simultánea y que en caso de complicaciones graves estas podrían ser bilaterales (por ejemplo, una endoftalmitis).

Además, el uso de lentes intraoculares en la cirugía de cataratas bilateral ha sido tradicionalmente monocular. A pesar de los buenos resultados de otros tipos de lentes (acomodativas, multifocales refractivas o difractivas), su uso no se ha estandarizado en la medicina de gestión pública, en parte debido a su precio y en parte debido a sus malos resultados en pacientes que no cumplían adecuadamente las indicaciones para su implantación (pacientes con patología ocular de base) (Rosa Braga-Mele, 2014).

Lo que queremos demostrar con el siguiente estudio es que la cirugía de la catarata bilateral simultánea en un solo acto con implante de lente intraocular multifocal es superior a la técnica estándar actual (cirugía secuencial en dos tiempos con lentes intraoculares monofocales). Hasta la fecha no hay estudios que analicen a la vez los beneficios de las lentes multifocales implantadas simultáneamente, a pesar de que este tipo de lentes están pensadas para su implantación bilateral (Keates RH, 1987).

En cuanto a seguridad, numerosos estudios demuestran que los riesgos de la cirugía simultánea no son superiores a los riesgos de la cirugía secuencial (Arshinoff SA S. Y., 2003) (B. A. Johansson, 2003) . La cirugía simultánea es igual de segura que la cirugía realizada de manera secuencial. Pérez Silguero en un estudio sobre la seguridad de la cirugía bilateral de cataratas (Pérez Silguero Ma, 2006) analizó de manera retrospectiva 13.088 ojos intervenidos de cataratas de forma bilateral simultánea. Las conclusiones de este estudio fueron que la cirugía de cataratas bilaterales realizada por cirujanos experimentados es una técnica segura. No se observaron mayor número de complicaciones que si se hubiera realizado de forma unilateral.

Apoyando nuestro estudio hay múltiples referencias sobre los beneficios de la multifocalidad a nivel de agudeza visual cercana y lejana (Agresta B, 2012), a lo que hay que añadir los beneficios de la cirugía bilateral en un solo acto (Konstantinos T, 2013) frente a la cirugía secuencial en dos actos. También hay referencias a nivel económico, (Leivo T, 2011), y a nivel de satisfacción (J. K. Chung, 2009) y a nivel de recuperación visual (Sarikkola AU, 2011).

Pasaremos a discutir los resultados obtenidos:

## **6.2. AGUDEZA VISUAL CORREGIDA.**

Al analizar la Mejor Agudeza Visual Con Corrección (**MAVCC**) **binocular de lejos**, vemos que hay superioridad en la rapidez de recuperación de los valores de agudeza visual corregida al mes a favor de la cirugía a estudio (simultánea multifocal). Sin embargo, observamos que la agudeza visual se iguala a los 3 y 6 meses entre ambos grupos. Incluso a los 6 meses muestran resultados favorables a la cirugía estándar

(secuencial monofocal). Estos resultados a favor de la cirugía con LIO monofocal a los 6 meses son considerados como un sesgo estadístico ya que en los distintos estudios realizados a nivel visual no se observan diferencias significativas a favor de las monofocales en cuanto a agudeza visual lejana (Leyland M Z. E., 2003) (Leyland M P. E., 2006) (Calladine D, 2012) (Calladine D, 2015). Además, el grupo a estudio (simultánea multifocal) alcanza la visión de 0,99, que es prácticamente la visión de la unidad.

Al estudiar la **MAVCC binocular de cerca**, vemos que hay superioridad en la rapidez de recuperación de los valores de agudeza visual corregida al mes a favor de la cirugía a estudio (simultánea multifocal). Sin embargo, observamos que la agudeza visual con corrección se iguala a los 3 y 6 meses entre ambos grupos

### **6.3. AGUDEZA VISUAL NO CORREGIDA.**

Al comparar la **MAVNC binocular de cerca**, vemos que hay una gran diferencia a favor del grupo a estudio tanto al mes como a los 3 y 6 meses. Esta diferencia es una diferencia no sólo a nivel estadístico sino a nivel práctico, ya que las agudezas no corregidas que se consiguen en el grupo estándar (monofocal secuencial) no permiten hacer adecuadamente las actividades diarias de cerca. Esto concuerda con todos los estudios y revisiones Cochrane (Leyland M P. E., 2006) (Calladine D, 2012).

Al comparar la **MAVNC binocular de lejos**, vemos que no se observan diferencias significativas finales a los 3 y 6 meses. Pero se obtiene una más precoz recuperación visual, pues sí existen diferencias significativas al mes a favor del grupo simultánea multifocal.

### **6.4. SENSIBILIDAD AL CONTRASTE.**

Al estudiar la Recuperación de la **SC Fotópica de Lejos** vemos que no existen diferencias al mes entre ambos grupos. Sin embargo, a los 3 y 6 meses, la SC Fotópica de lejos es mayor dentro del grupo de LIOs monofocales en frecuencias espaciales altas. La fibrosis capsular posterior incipiente es la responsable de estos resultados (Cheng CY, 2001). Esto es debido a que la fibrosis afecta de manera más sensible a las

LIOs Multifocales que a las Monofocales y dentro de éstas afecta menos a las LIOs esféricas que a las esféricas (Biber JM, 2009).

En cuanto a **SC Fotópica de Cerca** vemos que al mes es superior en el grupo de las multifocales en frecuencias espaciales cortas. Pensamos que es debido a la rápida recuperación conseguida por la cirugía simultánea multifocal y a la mejor AV de cerca dentro de este grupo.

Sin embargo, a los 3 y 6 meses estas diferencias desaparecen y se invierten a favor del grupo de LIOs monofocales siendo significativo en frecuencias espaciales altas. Esto es debido a que a los 3 y 6 meses ya se ha completado la recuperación de la cirugía secuencial y además las LIOs monofocales esféricas tienen un mejor comportamiento en cuanto a sensibilidad al contraste; esto se explica en un metaanálisis al estudiar las aberraciones de dichas LIOs (Schuster AK, 2015).

En cuanto a **SC Mesópica de Lejos** vemos que existen diferencias significativas desde el primer mes en frecuencias altas. Las condiciones de luz poco favorables afectan de manera muy sensible a las LIOs Multifocales. Con el tiempo estas diferencias empeoran aún más a los 6 meses.

De estos resultados se extrae que las malas condiciones de luz junto con el inicio de fibrosis capsular pueden afectar de manera significativa a la sensibilidad al contraste de las LIOs multifocales, teniendo muy en cuenta evitarlas en pacientes conductores nocturnos profesionales y en otros pacientes activos en condiciones de poca luz.

### **6.5. ESTEREOPSIS.**

En cuanto a la **ESTEREOPSIS** vemos que no hay diferencias significativas en cuanto a los resultados finales al 6º mes. Sin embargo, vemos que durante el 1º mes y 3º mes hay una clara superioridad de cirugía multifocal simultánea comparada con la monofocal secuencial. Pensamos que esto es debido a la rápida adaptación neuronal que se consigue con la cirugía simultánea bilateral. Hay estudios donde a pacientes que han sufrido una hemianopsia bilateral tras ictus presentan cierto grado de plasticidad neuronal inducida por movimientos oculares entrenados (Nelles G, 2009). De este tipo de estudios extraemos que la plasticidad neuronal existe incluso en pacientes de edad avanzada y que la recuperación puede ser acelerada e inducida

por estímulos como el movimiento entrenado o la ganancia de agudeza visual bilateral.

Durante los primeros meses (hasta el 3º mes en nuestro estudio) la más precoz recuperación tanto de agudeza visual corregida o no, de sensibilidad al contraste y de estereopsis del grupo multifocal simultánea puede evitar accidentes y dependencias difícilmente mesurables salvo que se diseñen estudios específicos.

### **6.6. INDEPENDENCIA A GAFAS.**

Este el apartado de Independencia a Gafas, se obtienen resultados muy evidentes a favor del grupo a estudio con LIO multifocalidad como era de esperar. Consiguiendo diferencias significativas en la independencia a gafas total (es decir la no necesidad de usar gafas de cerca, ni de lejos para las actividades de la vida diaria).

En independencia de gafas de lejos no hay diferencias significativas, mientras que en independencia a gafas de cerca sí existen diferencias estadísticas a favor de las LIOs multifocales.

De esto, deducimos que los pacientes que no puedan costear un método de corrección, o en los casos en los que haya falta de motivación por el mismo, o en caso de olvido, o accidente de las gafas (u otros métodos de corrección), tendremos una mayor dependencia y un mayor riesgo de accidente, a la hora de realizar las actividades de la vida diaria, con la cirugía estándar que con la cirugía a estudio.

### **6.7. EFECTOS ADVERSOS.**

Respecto a la Seguridad de la Cirugía Simultánea vs la Secuencial comentar que el número de complicaciones fue realmente bajo. En ningún grupo de cirugía hubo complicaciones intraoperatorias. En el postoperatorio no existieron diferencias estadísticamente significativas. En todos los casos se resolvieron dichas complicaciones antes de la revisión del mes. En nuestro estudio no hubo ningún caso de endoftalmitis, que es una de las principales complicaciones a la hora de realizar la cirugía simultánea (por la gravedad del cuadro y la posibilidad de contagio bilateral). La literatura apoya estos datos, con todavía mayor evidencia científica ya que las cirugías de otros estudios en cuanto a seguridad abarcan por ejemplo hasta 13.088 ojos intervenidos de cataratas de forma bilateral simultánea. (Perez Silguero MA, 2006).

Estos resultados se consiguen fruto de la buena técnica y pericia de un cirujano experto. Así como del buen hacer de un equipo quirúrgico de consumada experiencia. Además de extremar las medidas asépticas pre, intra y post-quirúrgicas. Este tipo de cirugía debe ser evitada por cirujanos con poca experiencia. Hay descritos casos de endoftalmitis bilateral tras cirugía de cataratas bilaterales simultáneas (Li O, 2014), por lo que se aconseja la separación aséptica de los dos procedimientos (Arshinoff SA, 2006).

La seguridad en lo referente a las disfotopsias de las LIOs multifocales ha sido similar al de las LIOs Monofocales. Del grupo de la Monofocalidad, los escasos pacientes se quejaron de estas molestias fue tras la primera cirugía y todos ellos mejoraron tras operarse el segundo ojo y a los 6 meses desaparecieron. Del grupo de la Multifocalidad, los escasos casos de disfotopsias, mejoraron tras un período de adaptación y a los 6 meses ningún paciente aquejaba dichos problemas. Cabe reseñar que, en nuestro estudio, las disfotopsias positivas fueron más frecuentemente referidas que las disfotopsias negativas. Las disfotopsias totales fueron muy infrecuentes y no existieron diferencias estadísticamente significativas. Nos llama la atención que el porcentaje de disfotopsias en el grupo de la cirugía multifocales simultánea fue menor al referido en la literatura (Braga-Mele R & Committee., 2014). Pensamos que estos resultados se dan en parte porque la neuroadaptación es más rápida en el caso que la cirugía sea bilateral y simultánea. Ningún caso incapacitante o significativo y no estuvo indicado el recambio de LIO.

### **6.8. SATISFACCIÓN SUBJETIVA.**

En lo referente a la satisfacción general subjetiva, basándonos en una **Escala Visual Analógica (EVA)**, vemos la superioridad de la cirugía a estudio.

La **EVA visual** fue calificada en ambos grupos como “Bien”, aunque estadísticamente fue superior en el grupo de la cirugía simultánea multifocal. El paciente muestra mayor satisfacción por la rapidez de recuperación global, la mayor independencia de gafas y la más rápida incorporación a su vida cotidiana y/o laboral;

aunque recordemos que en algunos parámetros finales había diferencias a favor de las monofocales (sensibilidad al contraste, principalmente).

La **EVA quirúrgica** muestra la gran superioridad del grupo a estudio sobre el estándar. Los pacientes se muestran muy satisfechos con la cirugía simultánea de la catarata bilateral y no dudan en calificarlo como “excelente”. Por el contrario, el grupo estándar obtiene resultados calificados de “regular” por los pacientes. El hecho de repetir pruebas y duplicar consultas. Así como el tiempo de espera entre el primer y el segundo ojo, con el retraso en conseguir una recuperación visual óptima, son los parámetros que podrían penalizar la cirugía estándar.

### **6.9. COSTE ECONÓMICO.**

Como ya hemos dicho, el coste de cada uno de los conceptos ha sido obtenido del **S.I.E. (Sistema de Información Económica)** del Hospital de San Juan de Alicante.

A pesar de que el coste de la LIO multifocal es mayor que el coste de la prótesis monofocal, **el coste total de la cirugía bilateral simultánea por paciente intervenido es menor que el coste de la cirugía monofocal secuencial**. Esto se explica debido a que la cirugía con LIOs multifocales se realiza en un solo acto, evitando duplicar otros costes. Los resultados son similares a otros estudios económicos realizados (Leivo T, 2011).





## **7. CONCLUSIONES**



## 7. CONCLUSIONES.

1. En cuanto a la **mejor agudeza visual con corrección (MAVCC) binocular** (que representa la máxima agudeza visual potencial tras extraer las cataratas): El grupo a estudio no presenta diferencias finales en cuanto al grupo de la cirugía secuencial monofocal, tanto de lejos como de cerca. Aunque sí existe una mayor rapidez de dicha recuperación visual a favor del grupo a estudio.

2. En cuanto a la **mejor agudeza visual no corregida (MAVNC) binocular** (que representa la agudeza visual sin ayudas ópticas tras extraer las cataratas): En nuestro estudio, no hay diferencias finales respecto a la MAVNC de lejos. Pero sí se observan diferencias en cuanto a la rapidez de recuperación visual MAVNC de lejos, a favor de la cirugía bilateral simultánea y multifocal. Por otro lado, se obtienen grandes diferencias significativas en la MAVNC de cerca (tanto en tiempos iniciales como finales).

3. En cuanto a **Sensibilidad al contraste binocular:**

Al estudiar la **SC Fotópica de Lejos**, a los 3 y 6 meses, la SC Fotópica de lejos es mayor dentro del grupo de LIOs monofocales.

En lo que toca a **SC Fotópica de Cerca**, vemos que al mes es superior en el grupo de las multifocales. Sin embargo, a los 3 y 6 meses estas diferencias desaparecen y se invierten a favor del grupo de LIOs monofocales.

En lo referente a **SC Mesópica de Lejos**, vemos que existen diferencias significativas desde el primer mes a favor de las LIOs monofocales. Con el tiempo estas diferencias se hacen más evidentes. Las condiciones de luz poco favorables afectan de manera muy sensible a las LIOs multifocales.

4. En materia de **estereopsis**, no hay diferencias entre el grupo simultáneo multifocal y el grupo secuencial monofocal. Sin embargo, el grupo de cirugía simultánea multifocal se muestra superior en cuanto a la rapidez de recuperación de los valores normales.

5. En **independencia a gafas o ayudas ópticas**: El grupo a estudio de cirugía simultánea multifocal se muestra muy superior en cuanto a independencia a gafas de cerca e independencia a gafas total, con las implicaciones que conlleva en cuanto a calidad de vida.

6. En cuanto a los **efectos adversos** de ambos tipos de cirugía comentaremos que:

a. Respecto a los efectos adversos y/o complicaciones derivados de la cirugía simultánea, no se observan diferencias entre el grupo a estudio y el grupo estándar.

b. Respecto a los efectos adversos derivados de las lentes intraoculares (disfotopsias), tampoco se observan diferencias entre ambos grupos.

7. En **materia económica**, a pesar que la lente intraocular multifocal es más cara que la lente intraocular monofocal, el coste del grupo de cirugía a estudio es menor que el coste del grupo de cirugía estándar o convencional. Esto es debido a que la cirugía con LIOs multifocales se realiza en un solo acto, evitando duplicar otros costes.

8. En lo referente a la **satisfacción subjetiva** del paciente, el grupo de cirugía a estudio se muestra superior al grupo de cirugía estándar o convencional. Esta superioridad se observa en la EVA visual. El paciente muestra mayor satisfacción por la rapidez de recuperación global, la mayor independencia de gafas y la más rápida incorporación a su vida cotidiana y/o laboral. Y también se muestra especialmente superior en la EVA quirúrgica, pues se evita repetir pruebas, duplicar consultas, y el tiempo de espera entre cirugías.

Así pues, teniendo en cuenta todas las conclusiones, encontramos que la Cirugía Bilateral Simultánea es un acto muy recomendable, siempre y cuando se realice por un cirujano experimentado y con las medidas de asepsia adecuadas. Por otro lado, encontramos que las lentes multifocales tienen sus indicaciones y sus contraindicaciones, siendo necesaria una buena selección de paciente (evitando personas que trabajen en condiciones de poca luz) y dando una buena información sobre las expectativas visuales de este tipo de lentes. Encontramos que, si bien son mejorables, son el camino a seguir.



## **8. BIBLIOGRAFÍA**



## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- Abouzeid H, F. W. (2014). Femtosecond-laser assisted cataract surgery: a review. *Acta Ophthalmol*, 92(7):597-603.
- Agresta B, K. M. (2012). Distance and Near Visual Acuity Improvement. *J Refract Surg*, 28(6):426-35.
- Aguilar M, M. F. (1994). *Óptica Fisiológica II*. Valencia: Serv. Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia.
- Alio JL, C. J. (2006). Correction of presbyopia by Technovision central multifocal LASIK (presby-LASIK). *J Refract Surg*, 22:453-460.
- Arshinoff SA. (2006). Need for strict aseptic separation of the 2 procedures in simultaneous bilateral cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 32(3):376-7.
- Arshinoff SA, S. Y. (2003). Simultaneous bilateral cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 29:1281-1291.
- Artigas JM, e. a. (1995). *Óptica Fisiológica. Psicofísica de la visión*. Interamericana McGraw-Hill.
- Artola A, P. S.-M. (2006). Evidence for delayed presbyopia after photorefractive keratectomy for myopia. *Ophthalmology*, 113(5):735-41.e1.
- Avitabile T, M. F. (1999). Long-term visual results of bifocal intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 25:1263-69.
- B. A. Johansson, B. L. (2003). Facioemulsificación bilateral en el mismo día. Una revisión retrospectiva. *Br J Ophthalmol*, 87: 285-290.
- Baikoff. (2004). Laser in situ keratomileusis monovision. *Curren Opin Ophthalmol*, 15:365-369.
- Becker KA, J. A. (2006). PresbyLASIK: treatment approaches with the excimer laser. *Ophthalmologe*, 103(8):667-72.
- Benjamin WJ. (1998). *Borisch's Clinical Refraction*. Philadelphia. Pennsylvania: W.B. Saunders Company.
- Ben-Nun J, A. J. (2005). Feasibility and development of a high power real accommodating intraocular lens. *J Refract Surg*, 31:1802-8.
- Biber JM, S. H. (2009). Comparison of the incidence and visual significance of posterior capsule opacification between multifocal spherical, monofocal spherical, and monofocal aspheric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 35(7):1234-8.
- Braga-Mele R, C. D.-R., & Committee., A. C. (2014). Multifocal intraocular lenses: relative indications and contraindications for implantation. *J Cataract Refract Surg*, 40(2):313-22.

- Brian G, T. H. (2001). Cataract blindness - challenges for the 21st century. *Bulletin of the World Health Organization*.
- Bruce J, E. W. (2007). Monovision: a review. *Ophthalmic Physiol Opt*, 27:417-439.
- Calladine D, E. J. (2012). Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. *Cochrane Database Syst Rev*, DOI: 10.1002/14651858.
- Calladine D, E. J. (2015). Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. *Sao Paulo Med J*, 133(1):68.
- Cari, P. (2003). Susruta and our heritage. *Indian J Plastic Surg*, 36:4-13.
- Cheng CY, Y. M. (2001). Visual acuity and contrast sensitivity in different types of posterior capsule opacification. *J Cataract Refract Surg*, 27(7):1055-60.
- Chylack LT Jr, W. J. (1993). The Lens Opacities Classifications System III. The longitudinal study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol*, 111:831-836.
- Daniel M. Albert, D. D. (1999). *The History of Ophthalmology*. Cambridge: Blackwell Science.
- Desai P, R. A. (1996). Gains from cataract surgery: visual function and quality of life. *BMJ*, 313:868-873.
- Dick HB. (2005). Accommodative intraocular lenses: Current status. *Curr Opin Ophthalmol*, 16:8-26.
- Endophthalmitis Study Group, E. S. (2007). Prophylaxis of postoperative endophthalmitis following cataract surgery: results of the ESCRS multicenter study and identification of risk factors. *J Cataract Refract Surg*, 33(6):978-88.
- Ezra DG, A. B. (2007). Topical anaesthesia alone versus topical anaesthesia with intracameral lidocaine for phacoemulsification. *Cochrane Database Syst Rev*, 18(3):CD005276.
- Fernández-Vega L. (2002). *Facoemulsificación y emetropía*. Madrid: Monografía SECOIR.
- Fukayasu. (1998). Anterior ciliary sclerotomy as a solution for presbyopia. *Subspecialty day AAO*. New Orleans.
- García Porrero JA, H. J. (2005). *Anatomía Humana*. Madrid: McGraw-Hill.
- García-Sáenz MC, A.-P. A.-C. (2010). Effectiveness of intracameral cefuroxime in preventing endophthalmitis after cataract surgery Ten-year comparative study. *J Cataract Refract Surg*, 36(2):203-7.
- Glasser A. (2006). Restoration of accommodation. *Curr Opin Ophthalmol*, 17:12-8.
- Glasser A, C. M. (1998). Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. *Vision Res*, 38(2):209-229.
- Glasser A, K. P. (1999). The mechanism of accommodation in primates. *Ophthalmology*, 106(5):863-72.

- Goertz AD1, S. W. (2014 Sep). Review of the impact of presbyopia on quality of life in the developing and developed world. *Acta Ophthalmol.* , 92(6):497-500.
- Goes F. (1991). Personal results with 3M diffractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*, 17:577-82.
- Goldberg, D. (2001). Laser in situ keratomieliosis monovision. *J Cataract Refract Surg*, 27:1449-1455.
- Hee Joon Kim, G. K. (2006). Scleral Procedure for Presbyopia. *International Ophthalmology Clinics*, Issue 3.
- Howard, I. R. (1995). *Binocular vision and stereopsis*. New York: Oxford University Press.
- Ibáñez-Hernández MA, R.-E. K. (2005). Lentes acomodativas: análisis y resultados. *Rev Mex Oftalmol*, 79(5):263-267.
- J. K. Chung, S. H. (2009). Bilateral Cataract Surgery: A Controlled. *Jpn J Ophthalmol*, 53:107-113.
- Javitt J, S. R. (2000). Cataract extraction with multifocal intraocular lens implantation; a multinational clinical trial evaluating clinical, functional, and quality of life outcomes. *Ophthalmology*, 107:2040-8.
- Kaufman PL, A. A. (2003). *Adler's Physiology of the Eye*. St Louis: Mosby.
- Keates RH, P. J. (1987). Clinical results of the multifocal lens. *J Cataract Refract Surg*, 13:557-582.
- Klein BE, M. S. (2003). Associations of visual function with physical outcomes and limitations 5 years later in an older population: the Beaver Dam eye study. *Ophthalmology*, 110(4):644-50.
- Koller T, S. T. (2006). Four corneal presbyopia corrections: simulations of optical consequences on retinal image quality. *J Cataract Refract Surg*, 32:2118-23.
- Konstantinos T, T. S. (2013). Binocularity Enhances Visual Acuity of Eyes. *J Refract Surg*, 29(4):246-250.
- Krarpup T, H. L. (2014). Endothelial cell loss and refractive predictability in femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery. *Acta Ophthalmol.*, 92(7):617-22.
- Le Grand, Y. (1991). *Óptica Fisiológica: Tomo I, El ojo como instrumento óptico*. Sociedad Española de Optometría y Asociación de amigos de las escuelas de Óptica. Madrid.
- Leivo T, S. A. (2011). Simultaneous bilateral cataract surgery: economic analysis; Helsinki Simultaneous Bilateral Cataract Surgery Study Report 2. *J Cataract Refract Surg*, 37:1003-1008.
- Leske MC, W. S. (1995). Biomechanical factors in the lens opacities. Case-Control Study Group. *Arch Ophthalmol*, 113:1113-1119.
- Leyland M, P. E. (2006). Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. *Cochrane Database Syst Rev.*, (4):CD003169.

- Leyland M, Z. E. (2003). Multifocal versus monofocal intraocular lenses in cataract surgery: a systematic review. *Ophthalmology*, 110(9):1789-98.
- Li O, K. V. (2014). Simultaneous bilateral endophthalmitis after immediate sequential bilateral cataract surgery: what's the risk of functional blindness? *Am J Ophthalmol*, 157(4):749-751.
- Lindstrom RL. (1993). Food and Drug Administration study update. One-year results from 671 patients with the 3M multifocal intraocular lens. *Ophthalmology*, 100:91-7.
- Mariani G, P. P. (1991). The effect of cataract severity and morphology on the reliability of the lens. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 32:2400-2403.
- Mastropasqua R, T. L. (2013). Multifocal IOL implant with or without capsular tension ring: study of wavefront error and visual performance. *Eur J Ophthalmol*, 23(4):510-7.
- Miller. (1990). Parson's disease of the eye. London: Churchill Livingstone.
- Miranda D, K. R. (2004). Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. *J Refract Surg*, 20:325-28.
- Moore KL, D. A. (2007). *Anatomía con Orientación Clínica*. Madrid: Panamericana.
- Moreira H, G. J. (1992). Multifocal corneal topographic changes with excimer laser photorefractive keratectomy. *Archives of Ophthalmology*, 110(7):994-9.
- Murube, J. (2004). La primera succión de la catarata. *Studium Ophthalmologicum*, XXII (1):22-57.
- Nelles G, P. A. (2009). Eye-movement training-induced plasticity in patients with post-stroke hemianopia. *J Neurol*, ;256(5):726-33.
- Nentwich MM, T. C.-M. (2015). Incidence of postoperative endophthalmitis from 1990 to 2009 using povidone-iodine but no intracameral antibiotics at a single academic institution. *J Cataract Refract Surg*, 41(1):58-66.
- Nichamin LD. (2008). Modified astigmatism correction nomogram. *J Refract Surg*, 24(6):562-3.
- O'Day DM. (1993). Management of cataract in adults. Quick reference guide for clinicians. The Cataract Management Guideline Panel of the Agency for Health Care Policy and Research. *Arch Ophthalmol*, 111:453-459.
- Ostrin L, G. A. (2004). Accommodation measurements in a prepresbyopic and presbyopic population. *J Cataract Refract Surg*, 30:1435-44.
- Paul L. Kaufman, A. A. (2003). *Adler's Physiology of the eye : clinical application*. St. Louis: Mosby.
- Peix X, B. Y. (2008). Correlation of lens density measured using Pentacam cheimpflug system with LOCS III grading score and visual acuity in age-related nuclear cataract. *Br J Ophthalmol*.
- Pérez Silguero Ma, P. S. (2006). Cirugía bilateral de cataratas. *Arch Soc Canar Oftal*, nº 17:21-28.

- Perez Silguero MA, P. S. (2006). Simultaneous bilateral cataract surgery. *Arch Soc Canar Oftal*, 17:21-28.
- Ramón Lorente, J. M. (2008). *Cirugía del cristalino. LXXXIV Ponencia oficial del Congreso de la Soc Esp Oftalmol*. Sevilla: Sociedad Española de Oftalmología.
- Ravalico G, P. F. (1999). Effect of astigmatism on multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 25:804-807.
- Rodríguez-Mansilla J, J.-P. M.-L.-A. (2014). Scales to evaluate pain in elderly patients suffering from dementia. Help-tools for the physiotherapist, doctor, nurse and occupational therapist. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 49(1):35-41.
- Ronald B, R. M. (2007). *Bennet and Rabbett's Clinical visual optics*. Butterworth-Heinemann.
- Rosa Braga-Mele, M. D.-R. (2014). Multifocal intraocular lenses: Relative indications and contraindications for implantation. *J Cataract Refract Surg*, 40(2):313-22.
- Rossetti L, C. F.-G. (1994). Performance of diffractive multifocal intraocular lenses in extracapsular cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 20:124-128.
- Rouviere H, D. A. (2005). *Anatomía Humana Descriptiva, Topográfica y Funcional*. Barcelona: Masson.
- Sarikkola AU, U. R. (2011). Simultaneous bilateral versus sequential. *J Cataract Refract Surg*, 37(6):992-1002.
- Schmidinger G, G. W. (2006). Depth of focus in eyes with diffractive bifocal and refractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 32:1650-1656.
- Schuster AK, T. J. (2015). Ocular wavefront analysis of aspheric compared with spherical monofocal intraocular lenses in cataract surgery: Systematic review with metaanalysis. *J Cataract Refract Surg*, pii: S0886-3350(15)00432-0. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.04.005. [Epub ahead of print].
- Serge Resnikoff, D. P. (2002). Global data on visual impairment in the year 2002. *Bulletin of the World Health Organization*.
- Steinert R, A. B. (1999). A prospective comparative study of the AMO ARRAY zonal-progressive multifocal silicone lens and a monofocal intraocular lens. *Ophthalmology*, 106:1243-55.
- Steinert RF, P. C. (1992). A prospective, randomized, doublemasked comparison of zonal-progressive multifocal intraocular lens and monofocal intraocular lens. *Ophthalmology*, 99:853-60.
- Stifter E, S. S. (2006). Contrast acuity in cataracts on different morphology and association to self-reported visual function. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 47:5412-5422.
- Telandro AP, S. J. (2006). Presbyopia: perspective on the reality of pseudoaccommodation with LASIK. *Ophthalmol Clin North Am*, 19(1):45-69.
- Testut L, L. A. (2000). *Compendio de Anatomía Descriptiva*. Barcelona: Masson.

- To KG, M. L. (2014). Prevalence and visual risk factors for falls in bilateral cataract patients in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Ophthalmic Epidemiol.*, 21(2):79-85.
- Vaquero M, E. J. (1996). Visual Function with monofocal versus multifocal IOLs. *J Cataract Refract Surg*, 22:1222-5.
- Weghaupt H, P. S. (2006). Comparison of pseudoaccommodation and visual quality between a diffractive and refractive multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*, 32:1650-1656.
- Wold J, H. A. (2003). Subjective and objective measurement of human accommodative amplitude. *J Cataract Refract Surg*, 29:1878-88.





## **9. ANEXO ESTADÍSTICO**



## 9. ANEXO ESTADÍSTICO.

Se realizará un estudio **descriptivo** de los distintos datos recogidos en los diferentes grupos de estudio, expresado como media, desviación estándar, intervalos de confianza, mediana y rango en las variables continuas.

A continuación, quedan reflejadas las distintas **tablas de contingencia**, donde se describen la media, desviación típica, error típico de la media, intervalos de confianza, los grados de libertad y el “p valor” asociado, de los distintos parámetros evaluados.

El estudio analítico entre los distintos grupos de estudio se establecerá mediante el estadístico chi-cuadrado para las variables cualitativas; para la determinación de la normalidad de las variables cuantitativas se analizarán mediante el estadístico **t de Student** para datos independientes. Como límite de significatividad se tomará una  $p < 0,05$  y se especificará expresamente cuando exista una  $p < 0,01$ . Todos los datos serán analizados utilizando el paquete estadístico **SPSS 20**.

Se rechaza la hipótesis nula si el valor p asociado al resultado observado es igual o menor que el nivel de significación establecido, convencionalmente 0,05 ó 0,01. Es decir, el valor p nos muestra la probabilidad de haber obtenido el resultado que hemos obtenido si suponemos que la hipótesis nula es cierta. Si el valor p es inferior al nivel de significación nos indica que lo más probable es que la hipótesis de partida sea falsa. Sin embargo, también es posible que estemos ante una observación atípica, por lo que estaríamos cometiendo el error estadístico de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es cierta basándonos en que hemos tenido la mala suerte de encontrar una observación atípica. Este tipo de errores se puede subsanar rebajando el valor p; un valor p de 0,05 (\*) es usado en investigaciones habituales sociológicas mientras que valores p de 0,01 (\*\*) se utilizan en investigaciones médicas, en las que cometer un error puede acarrear consecuencias más graves. También se puede tratar de subsanar dicho error aumentando el tamaño de la muestra obtenida, lo que reduce la posibilidad de que el dato obtenido sea casualmente raro.

El valor p es un valor de probabilidad, por lo que oscila entre 0 y 1. Así, se suele decir que valores altos de p, NO RECHAZAN la hipótesis nula (H0) o, dicho de forma correcta, no permiten rechazar la H0. De igual manera, valores bajos de p rechazan la H0. Es importante recalcar el hecho no rechazar la H0, significa que la tacha de verosímil, lo que no significa obligatoriamente que sea cierta, simplemente que es más probable de serlo.

**MAXIMA AGUDEZA VISUAL CON CORRECCIÓN (MAVCC) BINOCULAR**

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 6. Comparación de la AV previa, con la AV post-cirugía al mes, 3 y 6 meses.

Prueba T

[Conjunto\_de\_datos2]

**Estadísticos de muestras relacionadas**

		Media	N	Desviación tip.	Error tip. de la media
Par 1	AV PRE	,523	106	,1107	,0107
	AV 1M	,889	106	,1382	,0134
Par 2	AV PRE	,523	106	,1107	,0107
	AV 3M	1,00	106	,000	,000
Par 3	AV PRE	,523	106	,1107	,0107
	AV 6M	1,00	106	,000	,000

**Correlaciones de muestras relacionadas**

		N	Correlación	Sig.
Par 1	AV PRE y AV 1M	106	,004	,964
Par 2	AV PRE y AV 3M	106	.	.
Par 3	AV PRE y AV 6M	106	.	.

**Prueba de muestras relacionadas**

		Diferencias relacionadas			95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	Inferior	Superior			
Par 1	AV PRE - AV 1M	-,3660	,1767	,0172	-,4001	-,3320	-21,330	105	,000
Par 2	AV PRE - AV 3M	-,4774	,1107	,0107	-,4987	-,4560	-44,415	105	,000
Par 3	AV PRE - AV 6M	-,4774	,1107	,0107	-,4987	-,4560	-44,415	105	,000

**MAVCC LEJOS POST QX VS PRE BINOCULAR**

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 7. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de lejos, binocular.

**Prueba T**

[Conjunto\_de\_datos1]

**Estadísticos de grupo**

	LIO	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
PRE	MONOFOCAL	54	,411	,1003	,0137
	MULTIFOCAL	54	,435	,1031	,0140
1 MES	MONOFOCAL	52	,800	,1010	,0140
	MULTIFOCAL	54	,911	,0769	,0105
3 MESES	MONOFOCAL	52	1,162	,0867	,0120
	MULTIFOCAL	54	1,069	,1146	,0156
6 MESES	MONOFOCAL	52	1,115	,1055	,0146
	MULTIFOCAL	54	,991	,0652	,0089

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	inferior	superior
PRE	Se han asumido varianzas iguales	,031	,860	-1,230	106	,221	-,0241	,0196	-,0629	,0147
	No se han asumido varianzas iguales			-1,230	105,922	,221	-,0241	,0196	-,0629	,0147
1 MES	Se han asumido varianzas iguales	2,558	,113	-6,389	104	,000	-,1111	,0174	-,1456	-,0766
	No se han asumido varianzas iguales			-6,356	95,271	,000	-,1111	,0175	-,1458	-,0764
3 MESES	Se han asumido varianzas iguales	20,928	,000	4,699	104	,000	,0930	,0198	,0538	,1323
	No se han asumido varianzas iguales			4,724	98,520	,000	,0930	,0197	,0539	,1321
6 MESES	Se han asumido varianzas iguales	59,245	,000	7,346	104	,000	,1246	,0170	,0910	,1583
	No se han asumido varianzas iguales			7,284	84,429	,000	,1246	,0171	,0906	,1587

**MAVCC DE LEJOS BINOCULAR**

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 8. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de cerca, binocular.

**Prueba T**

[Conjunto\_de\_datos2]

**Estadísticos de grupo**

	LIO	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
AV PRE	MONOFOCAL	52	,535	,1118	,0155
	MULTIFOCAL	54	,511	,1093	,0149
AV 1M	MONOFOCAL	52	,792	,1326	,0184
	MULTIFOCAL	54	,981	,0552	,0075
AV 3M	MONOFOCAL	52	1,00	,000 <sup>a</sup>	,000
	MULTIFOCAL	54	1,00	,000 <sup>a</sup>	,000
AV 6M	MONOFOCAL	52	1,00	,000 <sup>a</sup>	,000
	MULTIFOCAL	54	1,00	,000 <sup>a</sup>	,000

a. No puede calcularse T porque las desviaciones típicas de ambos grupos son 0.

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	inferior	superior
AV PRE	Se han asumido varianzas iguales	,097	,756	1,094	104	,276	,0235	,0215	-,0191	,0661
	No se han asumido varianzas iguales			1,094	103,618	,277	,0235	,0215	-,0191	,0661
AV 1M	Se han asumido varianzas iguales	29,625	,000	-9,652	104	,000	-,1892	,0196	-,2280	-,1503
	No se han asumido varianzas iguales			-9,523	67,625	,000	-,1892	,0199	-,2288	-,1495

**MAVCC DE CERCA BINOCULAR**

**MAXIMA AGUDEZA VISUAL NO CORREGIDA (MAVNC) BINOCULAR**

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 9. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de lejos, binocular.

**Prueba T**  
[Conjunto\_de\_datos3]

**Estadísticos de grupo**

LJO	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
PRE MONOFOCAL	52	,2740	,13079	,01814
MULTIFOCAL	54	,3056	,12946	,01762
1 MES MONOFOCAL	52	,754	,0896	,0124
MULTIFOCAL	54	,854	,0926	,0126
3 MESES MONOFOCAL	52	,931	,1435	,0199
MULTIFOCAL	54	,891	,1069	,0145
6 MESES MONOFOCAL	52	,900	,1268	,0176
MULTIFOCAL	54	,885	,0878	,0119

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Inferior	Superior
PRE	Se han asumido varianzas iguales	,190	,664	-1,247	104	,215	-,03152	,02528	-,08165	,01862
	No se han asumido varianzas iguales			-1,246	103,758	,215	-,03152	,02529	-,08166	,01863
1 MES	Se han asumido varianzas iguales	,400	,528	-5,640	104	,000	-,0999	,0177	-,1350	-,0648
	No se han asumido varianzas iguales			-5,644	103,997	,000	-,0999	,0177	-,1349	-,0648
3 MESES	Se han asumido varianzas iguales	2,818	,096	1,633	104	,106	,0400	,0245	-,0086	,0886
	No se han asumido varianzas iguales			1,624	94,164	,108	,0400	,0247	-,0089	,0890
6 MESES	Se han asumido varianzas iguales	15,584	,000	,702	104	,484	,0148	,0211	-,0271	,0567
	No se han asumido varianzas iguales			,697	90,391	,488	,0148	,0213	-,0274	,0570

**MAVNC DE LEJOS BINOCULAR**

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 10. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de cerca, binocular.

**Prueba T**  
[Conjunto\_de\_datos4]

**Estadísticos de grupo**

LJO	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
PRE MONOFOCAL	54	,269	,0797	,0108
MULTIFOCAL	54	,283	,0947	,0129
1 MES MONOFOCAL	52	,2827	,12598	,01747
MULTIFOCAL	54	,9000	,09925	,01348
3 MESES MONOFOCAL	52	,262	,0771	,0107
MULTIFOCAL	54	,898	,1019	,0139
6 MESES MONOFOCAL	52	,262	,0771	,0107
MULTIFOCAL	54	,898	,1019	,0139

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Inferior	Superior
PRE	Se han asumido varianzas iguales	,859	,356	-,880	106	,381	-,0148	,0168	-,0482	,0186
	No se han asumido varianzas iguales			-,860	102,999	,381	-,0148	,0168	-,0482	,0186
1 MES	Se han asumido varianzas iguales	3,068	,083	-28,102	104	,000	-,61731	,02197	-,66087	-,57375
	No se han asumido varianzas iguales			-27,976	96,798	,000	-,61731	,02207	-,66110	-,57351
3 MESES	Se han asumido varianzas iguales	6,547	,012	-36,182	104	,000	-,6366	,0176	-,6715	-,6017
	No se han asumido varianzas iguales			-36,369	98,565	,000	-,6366	,0175	-,6713	-,6019
6 MESES	Se han asumido varianzas iguales	6,547	,012	-36,182	104	,000	-,6366	,0176	-,6715	-,6017
	No se han asumido varianzas iguales			-36,369	98,565	,000	-,6366	,0175	-,6713	-,6019

**MAVNC DE CERCA BINOCULAR**

## SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC) FOTOPICO DE LEJOS

Las siguientes 3 tablas de contingencia justifican los valores de significación estadística de la Tabla 11. Tabla de SC fotópica de lejos, al mes, 3 y 6 meses.

Estadísticos de grupo					
LID	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media	
3CPG	MONOFOCAL	52	1,7133	,19024	,02638
	MULTIFOCAL	54	1,6774	,18885	,02570
6CPG	MONOFOCAL	52	1,6375	,15878	,02202
	MULTIFOCAL	54	1,6389	,17473	,02378
12CPG	MONOFOCAL	52	1,2950	,27444	,03906
	MULTIFOCAL	54	1,2835	,27763	,03770
18CPG	MONOFOCAL	52	,764808	,203193	,0277791
	MULTIFOCAL	54	,757037	,2012098	,0273812

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	Inferior	Superior	
3CPG	Se han asumido varianzas iguales	,141	,708	,974	104	,332	,03586	,03682	-,03716	,10889	
	No se han asumido varianzas iguales			,974	103,786	,332	,03586	,03683	-,03718	,10890	
6CPG	Se han asumido varianzas iguales	,497	,482	-,043	104	,966	-,00139	,03247	-,06577	,06299	
	No se han asumido varianzas iguales			-,043	103,658	,966	-,00139	,03241	-,06566	,06288	
12CPG	Se han asumido varianzas iguales	,053	,818	,588	104	,558	,03148	,05358	-,07477	,13773	
	No se han asumido varianzas iguales			,588	103,914	,558	,03148	,05357	-,07475	,13771	
18CPG	Se han asumido varianzas iguales	,004	,949	,199	104	,842	,0077707	,0390086	-,0695948	,0851261	
	No se han asumido varianzas iguales			,199	103,882	,842	,0077707	,0390053	-,0695793	,0851206	

### SC FOTOPICO LEJOS AL MES

Estadísticos de grupo					
LID	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media	
3CPG	MONOFOCAL	52	1,7446	,19810	,02747
	MULTIFOCAL	54	1,7320	,18351	,02497
6CPG	MONOFOCAL	52	1,6375	,15878	,02202
	MULTIFOCAL	54	1,6389	,17473	,02378
12CPG	MONOFOCAL	52	1,3263	,28595	,03965
	MULTIFOCAL	54	1,2719	,28171	,03834
18CPG	MONOFOCAL	52	,961538	,1965026	,0272500
	MULTIFOCAL	54	,879074	,2096472	,0265294

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	Inferior	Superior	
3CPG	Se han asumido varianzas iguales	,850	,359	-,339	104	,735	,01258	,03707	-,06094	,08609	
	No se han asumido varianzas iguales			-,339	102,658	,735	,01258	,03713	-,06106	,08621	
6CPG	Se han asumido varianzas iguales	,497	,482	-,043	104	,966	-,00139	,03247	-,06577	,06299	
	No se han asumido varianzas iguales			-,043	103,658	,966	-,00139	,03241	-,06566	,06288	
12CPG	Se han asumido varianzas iguales	,422	,517	,988	104	,325	,05449	,05514	-,05485	,16384	
	No se han asumido varianzas iguales			,988	103,708	,325	,05449	,05515	-,05488	,16387	
18CPG	Se han asumido varianzas iguales	,401	,528	2,088	104	,039	,0824644	,0395010	,0041325	,1607963	
	No se han asumido varianzas iguales			2,089	103,926	,039	,0824644	,0394524	,0042282	,1607005	

### SC FOTOPICO DE LEJOS A LOS 3 MESES

**Prueba T**  
[Conjunto\_de\_datos2]

**Estadísticos de grupo**

LJO	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,8088	,15158	,02102
MULTIFOCAL	54	1,7748	,15846	,02156
6CPG MONOFOCAL	52	1,8437	,15476	,02146
MULTIFOCAL	54	1,8239	,16386	,02502
12CPG MONOFOCAL	52	1,4058	,24608	,03412
MULTIFOCAL	54	1,3081	,26339	,03584
18CPG MONOFOCAL	52	1,004808	,1870491	,0259386
MULTIFOCAL	54	,887222	,2128372	,0288635

**Prueba de muestras independientes**

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	Inferior	Superior	
3CPG Se han asumido varianzas iguales	,224	,637	1,129	104	,261	,03403	,03014	-.02573	,08380	
No se han asumido varianzas iguales			1,130	103,996	,261	,03403	,03011	-.02588	,09375	
6CPG Se han asumido varianzas iguales	2,135	,147	,598	104	,551	,01976	,03307	-.04582	,08535	
No se han asumido varianzas iguales			,600	102,190	,550	,01976	,03296	-.04562	,08515	
12CPG Se han asumido varianzas iguales	,969	,327	1,970	104	,051	,09762	,04955	-.00064	,19588	
No se han asumido varianzas iguales			1,973	103,907	,051	,09762	,04949	-.00052	,19576	
18CPG Se han asumido varianzas iguales	1,766	,187	3,017	104	,003	,1175855	,0389758	,0402950	,1946759	
No se han asumido varianzas iguales			3,024	103,152	,003	,1175855	,0388805	,0404765	,1946945	

**SC FOTOPICO DE LEJOS A LOS 6 MESES**

**SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC) FOTOPICO DE CERCA**

Las siguientes 3 tablas de contingencia justifican los valores de significación estadística de la Tabla 12. Tabla de SC fotópica de cerca, al mes, 3 y 6 meses.

**Prueba T**  
[Conjunto\_de\_datos3]

**Estadísticos de grupo**

LJO	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,3415	,42237	,05857
MULTIFOCAL	54	1,8536	,28777	,02827
6CPG MONOFOCAL	52	1,4917	,27695	,03841
MULTIFOCAL	54	1,8720	,18830	,02562
12CPG MONOFOCAL	52	1,3215	,29230	,04053
MULTIFOCAL	54	1,3415	,27531	,03746
18CPG MONOFOCAL	52	,722692	,1980802	,0274688
MULTIFOCAL	54	,757037	,2012098	,0273812

**Prueba de muestras independientes**

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	Inferior	Superior	
3CPG Se han asumido varianzas iguales	41,062	,000	-7,964	104	,000	-.51198	,08429	-.63946	-.38450	
No se han asumido varianzas iguales			-7,972	73,686	,000	-.51198	,06504	-.64158	-.38238	
6CPG Se han asumido varianzas iguales	4,284	,041	-10,258	104	,000	-.47031	,04585	-.56122	-.37939	
No se han asumido varianzas iguales			-10,186	89,455	,000	-.47031	,04617	-.56204	-.37857	
12CPG Se han asumido varianzas iguales	,010	,919	-.362	104	,718	-.01994	,05513	-.12927	,08939	
No se han asumido varianzas iguales			-.361	103,014	,719	-.01994	,05520	-.12941	,08953	
18CPG Se han asumido varianzas iguales	,241	,625	-.885	104	,378	-.0343447	,0387964	-.1112795	,0425900	
No se han asumido varianzas iguales			-.886	103,948	,378	-.0343447	,0387848	-.1112570	,0425675	

**SC FOTOPICO CERCA AL MES**

**Prueba T**  
[Conjunto\_de\_datos4]

**Estadísticos de grupo**

LIQ	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,9331	,13706	,01901
MULTIFOCAL	54	1,9254	,16027	,02181
6CPG MONOFOCAL	52	1,9417	,12826	,01779
MULTIFOCAL	54	1,9150	,15484	,02107
12CPG MONOFOCAL	52	1,8231	,16612	,02304
MULTIFOCAL	54	1,4315	,23284	,03169
18CPG MONOFOCAL	52	1,304038	,2798968	,0388147
MULTIFOCAL	54	,806852	,1611963	,0219360

**Prueba de muestras independientes**

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
3CPG Se han asumido varianzas iguales	,005	,946	,266	104	,791	,00771	,02902	-,04983	,06525
No se han asumido varianzas iguales			,266	102,585	,790	,00771	,02893	-,04967	,06508
6CPG Se han asumido varianzas iguales	,025	,875	,966	104	,336	,02673	,02767	-,02814	,08161
No se han asumido varianzas iguales			,969	101,750	,335	,02673	,02757	-,02796	,08143
12CPG Se han asumido varianzas iguales	6,615	,012	9,935	104	,000	,39160	,03942	,31343	,46976
No se han asumido varianzas iguales			9,996	95,972	,000	,39160	,03917	,31384	,46936
18CPG Se han asumido varianzas iguales	16,405	,000	11,259	104	,000	,4971866	,0441602	,4096154	,5847579
No se han asumido varianzas iguales			11,152	80,845	,000	,4971866	,0445844	,4084750	,5858982

**SC FOTOPICO DE CERCA A LOS 3 MESES**

**Prueba T**  
[Conjunto\_de\_datos6]

**Estadísticos de grupo**

LIQ	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,9331	,13706	,01901
MULTIFOCAL	54	1,9254	,16027	,02181
6CPG MONOFOCAL	52	1,9417	,12826	,01779
MULTIFOCAL	54	1,9150	,15484	,02107
12CPG MONOFOCAL	52	1,8231	,16612	,02304
MULTIFOCAL	54	1,4315	,23284	,03169
18CPG MONOFOCAL	52	1,304038	,2798968	,0388147
MULTIFOCAL	54	,806852	,1611963	,0219360

**Prueba de muestras independientes**

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
3CPG Se han asumido varianzas iguales	,005	,946	,266	104	,791	,00771	,02902	-,04983	,06525
No se han asumido varianzas iguales			,266	102,585	,790	,00771	,02893	-,04967	,06508
6CPG Se han asumido varianzas iguales	,025	,875	,966	104	,336	,02673	,02767	-,02814	,08161
No se han asumido varianzas iguales			,969	101,750	,335	,02673	,02757	-,02796	,08143
12CPG Se han asumido varianzas iguales	6,615	,012	9,935	104	,000	,39160	,03942	,31343	,46976
No se han asumido varianzas iguales			9,996	95,972	,000	,39160	,03917	,31384	,46936
18CPG Se han asumido varianzas iguales	16,405	,000	11,259	104	,000	,4971866	,0441602	,4096154	,5847579
No se han asumido varianzas iguales			11,152	80,845	,000	,4971866	,0445844	,4084750	,5858982

**SC FOTOPICO DE CERCA A LOS 6 MESES**

**SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC) MESÓPICA DE LEJOS**

Las siguientes 3 tablas de contingencia justifican los valores de significación estadística de la Tabla 13. Tabla de SC mesópica de lejos, al mes, 3 y 6 meses.

[Conjunto\_de\_datos1]

**Estadísticos de grupo**

LIQ	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,5940	,26763	,03711
3CPG MULTIFOCAL	54	1,5241	,36052	,04990
6CPG MONOFOCAL	52	1,5044	,24795	,03438
6CPG MULTIFOCAL	54	1,4622	,22670	,03085
12CPG MONOFOCAL	52	,9973	,25301	,03509
12CPG MULTIFOCAL	54	,7313	,17211	,02342
18CPG MONOFOCAL	52	,3725	,18805	,02608
18CPG MULTIFOCAL	54	,2478	,13270	,01806

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
3CPG	Se han asumido varianzas iguales	,037	,847	1,264	104	,209	,06996	,05535	-,03979	,17972
	No se han asumido varianzas iguales			1,267	103,379	,208	,06996	,05523	-,03956	,17949
6CPG	Se han asumido varianzas iguales	,198	,657	,915	104	,362	,04220	,04612	-,04925	,13365
	No se han asumido varianzas iguales			,914	102,342	,363	,04220	,04620	-,04942	,13393
12CPG	Se han asumido varianzas iguales	10,482	,002	6,350	104	,000	,26601	,04189	,16294	,34908
	No se han asumido varianzas iguales			6,308	89,493	,000	,26601	,04219	,16220	,34983
18CPG	Se han asumido varianzas iguales	17,591	,000	3,957	104	,000	,12472	,03152	,06222	,18722
	No se han asumido varianzas iguales			3,932	91,412	,000	,12472	,03172	,06172	,18773

### SC MESOPICO DE LEJOS AL MES

**Prueba T**

[Conjunto\_de\_datos3]

**Estadísticos de grupo**

LIQ	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,6404	,22373	,03103
3CPG MULTIFOCAL	54	1,5957	,20296	,02762
6CPG MONOFOCAL	52	1,5167	,20993	,02911
6CPG MULTIFOCAL	54	1,4772	,19516	,02656
12CPG MONOFOCAL	52	1,0125	,23714	,03289
12CPG MULTIFOCAL	54	,7487	,18261	,02485
18CPG MONOFOCAL	52	,3808	,17807	,02469
18CPG MULTIFOCAL	54	,2533	,13563	,01846

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
3CPG	Se han asumido varianzas iguales	1,458	,230	1,077	104	,384	,04464	,04145	-,03758	,12688
	No se han asumido varianzas iguales			1,075	102,138	,385	,04464	,04154	-,03775	,12703
6CPG	Se han asumido varianzas iguales	,320	,573	1,004	104	,318	,03951	,03935	-,03853	,11754
	No se han asumido varianzas iguales			1,003	102,739	,318	,03951	,03941	-,03865	,11766
12CPG	Se han asumido varianzas iguales	3,050	,084	6,431	104	,000	,26380	,04102	,16245	,34514
	No se han asumido varianzas iguales			6,400	95,812	,000	,26380	,04122	,16198	,34582
18CPG	Se han asumido varianzas iguales	10,848	,001	4,155	104	,000	,12744	,03067	,06661	,18826
	No se han asumido varianzas iguales			4,134	95,285	,000	,12744	,03083	,06623	,18864

### SC FOTOPICO DE LEJOS A LOS 3 MESES

**Prueba T**

[Conjunto\_de\_datos6]

**Estadísticos de grupo**

LIQ	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media
3CPG MONOFOCAL	52	1,6590	,23080	,03201
3CPG MULTIFOCAL	54	1,5913	,23573	,03208
6CPG MONOFOCAL	52	1,5427	,24786	,03439
6CPG MULTIFOCAL	54	1,5200	,22257	,03029
12CPG MONOFOCAL	52	1,0002	,25677	,03561
12CPG MULTIFOCAL	54	,7550	,19380	,02837
18CPG MONOFOCAL	52	,4083	,19846	,02752
18CPG MULTIFOCAL	54	,2652	,15126	,02058

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
3CPG	Se han asumido varianzas iguales	,633	,428	2,377	104	,019	,10774	,04533	,01784	,16764
	No se han asumido varianzas iguales			2,378	103,970	,019	,10774	,04532	,01788	,16760
6CPG	Se han asumido varianzas iguales	1,125	,291	,496	104	,621	,02269	,04573	-,06799	,11338
	No se han asumido varianzas iguales			,495	101,846	,622	,02269	,04562	-,06820	,11358
12CPG	Se han asumido varianzas iguales	4,955	,028	5,562	104	,000	,24519	,04408	,15778	,33260
	No se han asumido varianzas iguales			5,534	94,838	,000	,24519	,04431	,15722	,33316
18CPG	Se han asumido varianzas iguales	3,160	,078	4,184	104	,000	,14308	,03419	,07528	,21089
	No se han asumido varianzas iguales			4,163	95,314	,000	,14308	,03437	,07486	,21131

### SC FOTOPICO DE LEJOS A LOS 6 MESES

**ESTEREOPSIS**

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 14. Valores de Estereopsis, al mes, 3 y 6 meses.

**Prueba T**  
(Conjunto\_de\_datos5)

Estadísticos de grupo					
LIO	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media	
1 MES	MONOFOCAL	52	650,38	726,296	100,719
	MULTIFOCAL	54	253,33	181,191	24,657
3 MESES	MONOFOCAL	52	253,08	166,103	23,034
	MULTIFOCAL	54	66,30	26,084	3,550
6 MESES	MONOFOCAL	52	69,62	33,779	4,684
	MULTIFOCAL	54	65,00	26,291	3,574

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
1 MES	Se han asumido varianzas iguales <sup>a</sup>	16,091	,000	3,894	104	,000	397,051	101,964	194,854	599,249
	No se han asumido varianzas iguales			3,829	57,099	,000	397,051	103,693	189,417	604,686
3 MESES	Se han asumido varianzas iguales <sup>a</sup>	41,937	,000	6,161	104	,000	186,781	22,887	141,394	232,167
	No se han asumido varianzas iguales			8,014	53,422	,000	186,781	23,306	140,043	233,518
6 MESES	Se han asumido varianzas iguales <sup>a</sup>	1,981	,162	,787	104	,433	4,615	5,664	-7,014	16,244
	No se han asumido varianzas iguales			,783	96,263	,435	4,615	5,892	-7,079	16,310

**INDEPENDENCIA A GAFAS**

Las siguientes 3 tablas de contingencia justifican los valores de significación estadística de Tabla 15. Porcentajes de independencia a gafas de lejos, cerca y total.

**LIO \* CERCA**

Tabla de contingencia

Recuento		CERCA		Total
		0	1	
LIO	MONOFOCAL	39	13	52
	MULTIFOCAL	6	48	54
Total		45	61	106

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	44,260 <sup>a</sup>	1	,000		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	41,683	1	,000		
Razón de verosimilitudes	48,366	1	,000		
Estadístico exacto de Fisher				,000	,000
Asociación lineal por lineal	43,842	1	,000		
N de casos válidos	106				

a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 22,08.  
b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

**INDEPENDENCIA A GAFAS DE CERCA**

**LIO \* LEJOS**

Tabla de contingencia

Recuento

	LEJOS		Total
	0	1	
LIO MONOFOCAL	4	48	52
MULTIFOCAL	9	45	54
Total	13	93	106

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1,983 <sup>a</sup>	1	,159		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	1,236	1	,266		
Razón de verosimilitudes	2,033	1	,154		
Estadístico exacto de Fisher				,237	,133
Asociación lineal por lineal	1,964	1	,161		
N de casos válidos	106				

a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 6,38.

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

**INDEPENDENCIA A GAFAS DE LEJOS**

**LIO \* TOTAL**

Tabla de contingencia

Recuento

	TOTAL		Total
	0	1	
LIO MONOFOCAL	41	11	52
MULTIFOCAL	8	46	54
Total	49	57	106

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	43,694 <sup>a</sup>	1	,000		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	41,156	1	,000		
Razón de verosimilitudes	47,376	1	,000		
Estadístico exacto de Fisher				,000	,000
Asociación lineal por lineal	43,281	1	,000		
N de casos válidos	106				

a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 24,04.

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

**INDEPENDENCIA A GAFAS TOTAL**

### SEGURIDAD DE EFECTOS ADVERSOS

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 16. Tabla de complicaciones de las distintas cirugías.

Prueba T										
[Conjunto_de_datos5]										
Estadísticos de grupo										
	LJO	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media					
COMPLICACIONES	MONOFOCAL	104	,08	,234	,023					
	MULTIFOCAL	108	,05	,211	,020					
Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
COMPLICACIONES	Se han asumido varianzas iguales	,556	,457	-,372	210	,718	,011	,031	inferior	Superior
	No se han asumido varianzas iguales			,372	205,876	,711	,011	,031	-,049	,072

### SEGURIDAD DE DISFOTOPSIAS

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 17. Tabla de disfotopsias de las distintas cirugías.

Prueba T										
[Conjunto_de_datos3]										
Estadísticos de grupo										
	LJO	N	Media	Desviación tp.	Error tp. de la media					
DISFOTOPSIAS	MONOFOCAL	104	,02	,138	,014					
	MULTIFOCAL	108	,03	,165	,016					
Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
DISFOTOPSIAS	Se han asumido varianzas iguales	,669	,414	-,409	210	,684	-,009	,021	-,050	,033
	No se han asumido varianzas iguales			-,410	205,860	,683	-,009	,021	-,050	,033

### ESCALA VISUAL ANALÓGICA

La siguiente tabla de contingencia justifica los valores de significación estadística de la Tabla 18. Tabla de resultados de las Escalas Analógicas Visuales.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tp. de la diferencia	inferior	Superior
EVA VISUAL	Se han asumido varianzas iguales	,149	,700	-3,829	104	,000	-,783	,205	-1,189	-,378
	No se han asumido varianzas iguales			-3,823	102,741	,000	-,783	,205	-1,190	-,377
EVA OX	Se han asumido varianzas iguales	4,476	,037	-15,544	104	,000	-2,974	,191	-3,353	-2,594
	No se han asumido varianzas iguales			-15,444	91,142	,000	-2,974	,193	-3,356	-2,591





## **10. ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS**



## 10. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS.

### 10.1. FIGURAS.

Fig. 1. Anatomía del ojo. ....	3
Fig. 2. Anatomía del polo anterior ocular.....	5
Fig. 3. Valores morfométricos del cristalino. ....	6
Fig. 4. Representación de las capas del cristalino.....	7
Fig. 5. Suturas cristalinas.....	8
Fig. 6. Partes del Cuerpo Ciliar. Zona A: Pars Plana. Zona B: Pars Plicata.....	9
Fig. 7. Corte Histológico de cuerpo ciliar. Epitelio pigmentado y no pigmentado.....	9
Fig. 8. Zónula de Zinn y cuerpo ciliar. Relaciones anatómicas en la zona.....	11
Fig. 9. El ojo según Galeno y Rufus de Efeso .....	12
Fig. 10. Clasificación de las opacidades cristalinas según sistema LOCS III.....	18
Fig. 11. Abatimiento y reclinación.....	21
Fig. 12. Discisión de la catarata.....	21
Fig. 13. La expresión de la catarata.....	23
Fig. 14. Charles D. Kelman.....	24
Fig. 15. Cirugía de la catarata por láser femtosegundo.....	25
Fig. 16. Resumen de la teoría de Helmholtz.....	28
Fig. 17. Resumen de la teoría de Tscherning.....	30
Fig. 18. Bandas de expansión escleral.....	35
Fig. 19. Lente Intraocular Pseudoacomodativa.....	40
Fig. 20. Crystalens en visión lejana (izq.) en plano posterior del saco. Desplazamiento anterior de la lente durante la acomodación (dcha.).....	41
Fig. 21. Riesgo de halos y deslumbramientos en pacientes con lentes multifocales.....	44

Fig. 22. LIO refractiva simétrica.....	47
Fig. 23. Diseño de una LIO multifocal refractiva asimétrica.....	47
Fig. 24. Diseño de lentes difractivas.....	48
Fig. 25. Diseño de una LIO difractiva, donde destaca la superficie anterior prolata y la forma C de los hápticos.....	49
Fig. 26. Comportamiento de la luz en una lente difractiva.....	50
Fig. 27. Diferencia entre LIOs difractivas clásicas, apodizadas y trifocales.....	50
Fig. 28. Definición de Agudeza Visual.....	58
Fig. 29. Representación de los tipos principales de Agudeza Visual.....	58
Fig. 30. Diferencia entre iluminancia (lumens) y luminancia (candelas/m <sup>2</sup> ).....	60
Fig. 31. Relación entre agudeza visual y luminancia.....	61
Fig. 32. Relación entre AV y sensibilidad al contraste.....	62
Fig. 33. Relación entre la AV y las distintas longitudes de onda de los objetos.....	63
Fig. 34. Anatomía de la fóvea y distribución de los fotorreceptores.....	64
Fig. 35. Relación entre agudeza visual y la localización de la retina. Medida en grados, tomando como centro la fóvea.....	64
Fig. 36. Influencia del tamaño pupilar en la agudeza visual.....	66
Fig. 37. Interpretación de la agudeza visual mediante los optotipos I.....	68
Fig. 38. Interpretación de la agudeza visual mediante los optotipos II.....	69
Fig. 39. Interpretación de los minutos de arco en la notación con optotipos.....	70
Fig. 40. Equivalencia de los valores de las distintas escalas de agudeza visual.....	71
Fig. 41. A la izquierda el optotipo "E" de Snellen y a la derecha el "C" de Landolt.....	73
Fig. 42. Ecuación que define el contraste.....	75
Fig. 43. Definición de luminancia máxima (Lmax) y de luminancia mínima (Lmin).....	76
Fig. 44. Ejemplo de cálculo del contraste (donde sería del 100%).....	76
Fig. 45. Ejemplo de cálculo del contraste: $(80 - 50) / (80 + 50) = 0,23 = 23\%$ .....	77

Fig. 46. Ejemplo de onda cuadrada (izquierda) y onda sinusoidal (derecha).....	77
Fig. 47. Representación de un ciclo/grado.....	78
Fig. 48. Relación entre Frecuencia espacial y ciclos de onda.....	78
Fig. 49. Representación de cómo influye la frecuencia espacial en la imagen estímulo.....	79
Fig. 50. Vision Contrast Test System. Tarjeta de Vistech. Ondas sinusales.....	79
Fig. 51. Relación entre la sensibilidad al contraste y las frecuencias espaciales.....	80
Fig. 52. Prueba de Pelli-Robson.....	81
Fig. 53. Distorsión de la imagen por alteraciones de las Frecuencias Espaciales.....	83
Fig. 54. Test de Titmus.....	88
Fig. 55. TNO test.....	88
Fig. 56. Test de Lang.....	89
Fig. 57. Test de Frisby.....	89
Fig. 58. Desplazamiento de la imagen con prisma de base externa.....	90
Fig. 59. Proyector de optotipos CC-100XP, de TOPCON®.....	109
Fig. 60. Lámpara de hendidura modelo SL-3G, de TOPCON®.....	109
Fig.61. Autorrefractómetro, modelo KR-8900, de TOPCON®.....	110
Fig. 62. Tonómetro de aire, modelo CT-80, de TOPCON®.....	110
Fig. 63. Microscopio especular, modelo SP-2000P, de TOPCON®.....	111
Fig. 64. Biómetro, modelo Ocuscan RXP, de Alcon®.....	111
Fig. 65. Facoemulsificador, Infiniti Vision Cataract Removal System, de Alcon®.....	112
Fig. 66. Lente intraocular, modelo Acri.LISA 366D, de Carl Zeiss Meditec®.....	113
Fig. 67. Lente intraocular, modelo Acri.Smart 46 LC, de Carl Zeiss Meditec®.....	113
Fig. 68. Anillo de Tensión Capsular ACPI-11, Croma-Pharma GmbH®.....	114
Fig. 69. Escala Visual Analógica de satisfacción.....	119

## 10.2. TABLAS.

Tabla 1. Clasificación de las lentes acomodativas.....	43
Tabla 2. Diferencias entre las lentes difractivas y refractivas.....	51
Tabla 3. Tipos principales de Agudeza Visual y sus umbrales.....	59
Tabla 4. Características basales de los grupos a estudio.....	103
Tabla 5. Parámetros estudiados y visitas programadas.....	118
Tabla 6. Comparación de la AV previa, con la AV post-cirugía al mes, 3 y 6 meses.....	126
Tabla 7. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de lejos, binocular.....	127
Tabla 8. Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de cerca, binocular.....	127
Tabla 9. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de lejos, binocular.....	128
Tabla 10. Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVCC) de cerca, binocular.....	129
Tabla 11. Tabla de SC fotópica de lejos, al mes, 3 y 6 meses.....	130
Tabla 12. Tabla de SC fotópica de cerca, al mes, 3 y 6 meses.....	132
Tabla 13. Tabla de SC mesópica de cerca, al mes, 3 y 6 meses.....	133
Tabla 14. Valores de Estereopsis, al mes, 3 y 6 meses.....	135
Tabla 15. Porcentajes de independencia a gafas de lejos, cerca y total.....	136
Tabla 16. Tabla de complicaciones de las distintas cirugías.....	136
Tabla 17. Tabla de disfotopsias de las distintas cirugías.....	137
Tabla 18. Tabla de resultados de las Escalas Analógicas Visuales.....	138
Tabla 19. Tabla del costo económico de las distintas cirugías.....	140

### 10.3. GRÁFICOS.

Gráfico 1. Curvas de Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de lejos.....	126
Gráfico 2. Curvas de Mejor Agudeza Visual Con Corrección (MAVCC) de cerca.....	128
Gráfico 3. Curvas de Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de lejos.....	129
Gráfico 4. Curvas de Mejor Agudeza Visual No Corregida (MAVNC) de cerca.....	129
Gráfico 5. Curvas de SC fotópica de lejos, al mes.....	130
Gráfico 6. Curvas de SC fotópica de lejos, a los 3 meses.....	131
Gráfico 7. Curvas de SC fotópica de lejos, a los 6 meses.....	131
Gráfico 8. Curvas de SC fotópica de cerca, al mes.....	132
Gráfico 9. Curvas de SC fotópica de cerca, a los 3 meses.....	132
Gráfico 10. Curvas de SC fotópica de cerca, a los 6 meses.....	133
Gráfico 11. Curvas de SC mesópica de cerca, al mes.....	134
Gráfico 12. Curvas de SC mesópica de cerca, a los 3 meses.....	134
Gráfico 13. Curvas de SC mesópica de cerca, a los 6 meses.....	134
Gráfico 14. Curvas de Estereopsis, al mes, 3 y 6 meses.....	135
Gráfico 15. Porcentaje de independencia a gafas de lejos, cerca y total.....	136





# 11. ABREVIATURAS



**11. ABREVIATURAS.**

<b>A</b>	
AO	Ambos ojos
ATC	Anillo de tensión capsular
AV	Agudeza visual
<b>C</b>	
C	Catarata Cortical (Clasificación LOCS)
CPG	Ciclos por grado
Cyl	Cilindro
<b>D</b>	
Dx	Diagnóstico
Der.	derecha
<b>E</b>	
EVA	Escala visual analógica
EA	Efectos adversos
<b>F</b>	
Fig.	Figura
FSC	Función de sensibilidad al contraste
<b>H</b>	
H	Hipótesis
H0	Hipótesis nula
<b>I</b>	
Izq.	Izquierda
<b>L</b>	
LIO	Lente intraocular
Lmax	Luminancia máxima

Lmin	Luminancia mínima
LOCS	The Lens Opacities Classification System
Log	Logaritmo
LogMAR	Logaritmo del mínimo ángulo de resolución
<b>M</b>	
MAVCC	Mejor agudeza visual con corrección
MAVNC	Mejor agudeza visual no corregida
MAR	Mínimo ángulo de resolución
Min.	minutos
<b>N</b>	
N	Opacidad Nuclear (Clasificación LOCS)
<b>O</b>	
OD	Ojo derecho
OI	Ojo izquierdo
<b>P</b>	
P	Opacidad Subcapsular Posterior (Clasificación LOCS)
PEV	Potenciales evocados visuales
Post	Posterior
<b>Q</b>	
Qx	Quirófano
<b>R</b>	
Rx	Radiografía
<b>S</b>	
SC	Sensibilidad al contraste
Seg.	segundo
S.I.E.	Sistema de información económica

<b>T</b>	
Tx	Tratamiento
Típ.	Típica, típico
<b>U</b>	
URPA	Unidad de recuperación post-anestesia
<b>V</b>	
vs	versus

