

Avances en baja visión

Trabajo de Final de Máster
Máster de Rehabilitación Visual
Universidad de Valladolid
Autor: Carlos Fresno
Tutor responsable: Dr. Usón
Junio 2012

SOLICITUD DE DEFENSA Y EVALUACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Art. 10.3 del Reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo Fin de Máster,

aprobado en Consejo de Gobierno de 12 de junio de 2008. Modificado en Comisión Permanente de 20 de enero de 2012 (BOCyL de 20 de febrero de 2012)

D/D^a Carlos Fresno Cañada

con D.N.I. nº 46413716-S, matriculado en el Máster en Rehabilitación Visual solicita la presentación y evaluación del Trabajo Fin de Máster, una vez superados todos los créditos necesarios para la obtención del Título de Máster, salvo los correspondientes al propio trabajo.

El Trabajo Fin de Máster "AVANCES EN BAJA VISION" ha sido tutelado por D/D^a Edmundo Uson González , con DNI nº 22.448.691-R, que autoriza la presentación del mismo al considerar que reúne los requisitos necesarios exigidos en la legislación vigente. (*)

En MURCIA, a 14/06/2012

Firma alumno/a

Vº Bº Tutor/a

INDICE

1-Introducción a la Baja Visión.....	3
Cómo nace la baja visión	3
<i>Principales Enfermedades Causantes de la Baja Visión</i>	<i>4</i>
Degeneración Macular Asociada a la Edad	4
Cataratas	5
Retinosis pigmentaria	6
Retinopatía diabética	7
Miopía magna	8
Glaucoma	9
Aniridia.....	10
2.Censo de personas con ceguera u otras discapacidades visuales en España	12
3.Presente, Pasado y Futuro de la Baja Visión	19
4. Ayudas habituales para la Baja Visión	24
<i>Ayudas ópticas.....</i>	<i>24</i>
Lupa	24
Telescopio	26
Microscopio	28
Filtros	29
<i>Ayudas electrónicas</i>	<i>31</i>
Lupa TV	32
Lupa electrónica portátil.....	33
Magnificadores de pantalla	34
Programas de ampliación de caracteres	35
Lectores de pantalla (JAWS).....	36
Teléfonos móviles	36
Audiolibros	38
5.Nuevas tendencias en sistemas de ayuda a la Baja Visión.	40
<i>Telescopio intraocular</i>	<i>40</i>
<i>Ojo biónico.....</i>	<i>42</i>
<i>Implantes retinianos.....</i>	<i>43</i>
<i>Implantes corticales o cerebrales</i>	<i>56</i>
<i>Trasplante de células adiposas mesenquimales</i>	<i>59</i>
6. Conclusiones.....	61
7.Bibliografía	62

1-Introducción a la Baja Visión

Cómo nace la baja visión

La Organización Mundial de la Salud (OMS) intenta crear una definición universal y homogénea sobre la baja visión (BV). Para ello, distingue entre ceguera legal y baja visión. La primera corresponde a una agudeza visual (AV) igual o menor a 0,05 con la mejor corrección o con un campo visual inferior o igual a 10º alrededor de la fijación central del mejor ojo ¹. Sin embargo, en España se considera ceguera legal cuando la AV es igual o inferior a 0,1 y con un campo visual igual o menor a 10º. Es en estas condiciones cuando los ciudadanos con nacionalidad española pueden afiliarse a la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) ².

La OMS define la BV como aquella agudeza visual menor a 0,33 y superior a 0,05 con la mejor corrección en el mejor ojo.

Así pues, el término baja visión no debe confundirse con ceguera, puesto que las personas que la presentan conservan restos visuales (perciben formas, colores, etc.). Se trata de una limitación visual que impide el desarrollo de las tareas cotidianas de los pacientes.

Diferentes patologías, entre las cuales se encuentran las cataratas, la Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE), el glaucoma o la retinosis pigmentaria, desencadenan BV³. Asimismo, existe una gran variedad de tratamientos, ya sean ayudas externas que optimizan la visión residual del paciente o tratamientos quirúrgicos destinados a intentar recuperar la visión.

Si bien es más común entre personas de edad avanzada con una madurez a nivel ocular, la BV puede afectar a pacientes de cualquier edad que presenten enfermedades congénitas o que hayan sufrido algún accidente que la desencadene. Las patologías que desencadenan BV no tienen cura, pero existe diversas ayudas que pueden mejorar la calidad de vida de los pacientes. Es decir, existen técnicas y aparataje que permiten que los pacientes desarrollen sus tareas cotidianas con mayor o menor grado de autonomía.

Generalmente se considera que la BV no solo la padece el paciente, sino que también repercute en la familia, que ha de aceptar y convivir con esta realidad, reeducar a la persona afectada e intentar ayudarla en su día a día. La familia es un

pilar esencial para los pacientes y gracias a ella podrá sentirse más autónomo y mejor integrado socialmente.

Principales Enfermedades Causantes de la Baja Visión

- Degeneración Macular Asociada a la Edad
- Cataratas
- Retinosis pigmentaria
- Retinopatía diabética
- Miopía Magna
- Glaucoma
- Aniridia

Degeneración Macular Asociada a la Edad

La Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE) se ocasiona debido a un deterioro de la mácula, que es un tejido amarillento fotosensible situado en la retina. Gracias a la mácula percibimos detalles finos y pequeños y su deterioro ocasiona un escotoma central que afecta a la agudeza visual del campo visual central (*Imagen 1*).

Existen dos tipos de DMAE: la húmeda o exudativa y la seca o atrófica ⁴.

La DMAE húmeda, que tiene una incidencia menor, provoca unos daños más graves. Se ocasiona a partir de la formación de unos vasos sanguíneos en la retina, que, en condiciones de falta de oxígeno, van padeciendo fugas y deteriorando la retina. No existe ningún tratamiento que cure esta patología, pero sí medidas que permiten frenar su desarrollo. Dos ejemplos serían la cirugía con láser y los antiangiogénicos inyectados directamente en el ojo, como el Lucentis y Macugen ⁵.

La DMAE seca es la que presenta una incidencia mayor y se distingue por la presencia de drusas, pequeñas partículas blanquecinas que distorsionan la luz cuando llega a la retina. Igual que en el caso de la DMAE húmeda, no existen tratamientos que curen la enfermedad, pero sí mecanismos para frenar su evolución.

Las personas que la padecen presentan una visión central deteriorada pero lateralmente está normalmente intacta. Con las ayudas se pretende desplazar la

imagen hacia la zona que no esté afectada, o, ampliarla mucho para no perder los detalles del objeto a mirar.



Imagen 1. Visión con DMAE.

Cataratas

Las cataratas se desarrollan cuando las fibras del cristalino se opacifican y quedan adheridas a la superficie de la lente produciendo borrosidad general (*Imagen 2*). Generalmente, se trata de una patología adquirida con una incidencia considerable que afecta a la población mayor de 55 años. No obstante, también existen las cataratas congénitas, provocadas por diversas enfermedades (rubeola, toxoplasmosis, herpes simple, microftalmia o glaucoma congénito) o por alguna lesión producida durante el embarazo.

Según la localización de la opacificación del cristalino se distinguen varios tipos de cataratas:

- Nuclear: afecta al núcleo del cristalino.
- Cortical: afecta a la corteza del cristalino
- Polo anterior: afecta la parte central y a la capa anterior del cristalino.
- Polo posterior: afecta la parte central y a la capa posterior del cristalino.

La visión en todos los pacientes es igual, independientemente del tipo de catarata que padezcan. Todos presentan borrosidad alta en todo el campo y una baja sensibilidad al contraste. Las ayudas les proporciona un aumento del objeto a observar de tal manera que al aumentar el tamaño podemos observarlo mejor.

A pesar de que las cataratas presentan generalmente una solución quirúrgica y los síntomas suelen desaparecer después de que el paciente se someta a una intervención, no en todos los casos es viable la operación y por tanto el paciente sufrirá BV.



Imagen 2. Visión persona con cataratas.

Retinosis pigmentaria

La retinosis pigmentaria es una enfermedad hereditaria y de carácter degenerativo que produce un deterioro del campo visual lateral que en muchos casos evoluciona hasta causar ceguera (*Imagen 3*). La sintomatología incluye ceguera nocturna,

limitación del campo visual lateral (visión en túnel) y/o fotofobia. Las ayudas en estos casos pretenden mejorar la sensibilidad al contraste para mejorar esa ceguera nocturna, y es importante que no presenten mucho aumento para no disminuir más el campo visual.

Se trata de una patología congénita, aunque es difícil que se manifieste antes de la adolescencia puesto que la persona afectada solo presenta síntomas cuando la enfermedad está muy desarrollada.



Imagen 3. Visión de una persona con retinosis pigmentaria.

Retinopatía diabética

La retinopatía diabética es una afección ocular provocada por la diabetes. Se asocia al deterioro de los vasos sanguíneos de la retina, que van perdiendo fluidos y van deformando los tejidos. Como consecuencia, la que llega al cerebro es una imagen que no se ajusta a la realidad.

Las personas que padecen retinopatía diabética suelen ser poco conscientes de los síntomas y únicamente remiten la observación manchas en algún punto del campo visual. Dichos escotomas son en realidad los fluidos de los vasos sanguíneos que se han acumulado en la retina (*Imagen 4*). Con las ayudas prescritas se pretende que los objetos que tengamos que mirar los desplazemos de la zona donde tenemos ese escotoma y de esta manera podremos observar mejor las cosas.

Existen tratamientos quirúrgicos con láser de argón, kriptón, dye o colorante. Se ha demostrado que todos ellos proporcionan mejoras significativas en la AV ⁶.



Imagen 4. Visión de una persona con retinopatía diabética

Miopía magna

Se considera magna a la miopía superior a 6 dioptrías (D)⁷. Se produce por una elongación mayor del globo ocular, lo cual desencadena un error refractivo debido a un exceso de potencia que produce dificultades en la visión lejana (*Imagen 5*). Se inicia en la infancia y suele avanzar con el tiempo. Pueden ir apareciendo variaciones en la retina y en el polo posterior y se pueden producir alteraciones vitroretinianas, Por eso, presentar miopía magna no implica solamente tener muchas dioptrías, sino que a veces tiene relación con otras enfermedades. Normalmente estos pacientes presentan muchas dificultades en visión lejana, ya que perciben mucha borrosidad en todo momento, mientras que en visión próxima aún teniendo muchas dioptrías acercándose mucho los documentos pueden desarrollar las tareas que requieran. Con las ayudas se mejora lo máximo para poder solucionar estas dificultades, aunque es muy difícil.



Imagen 5. Visión de una persona con miopía magna.

Glaucoma

El glaucoma es una enfermedad hereditaria producida por un deterioro de las fibras del nervio óptico que normalmente se asocia a presiones intraoculares elevadas (*Imagen 6*). Existen dos tipos de glaucoma: el de ángulo cerrado y el de ángulo abierto. El primero constituye una patología muy dolorosa ocasionada por un mal drenaje del humor acuoso, lo cual produce un aumento de la PIO y desencadena en un aplastamiento de las estructuras oculares -normalmente de las situadas en la cámara anterior del ojo-. Este episodio se desarrolla en un período muy corto de tiempo, que normalmente tiende a repetirse.

En cambio, el glaucoma de ángulo abierto es una patología indolora que viene producida también por un aumento de la PIO. Se produce en un período más largo de tiempo y la causa es desconocida aunque suele ser hereditario.

Los fármacos y la cirugía son los dos tipos de tratamientos utilizados en casos de glaucoma. El tratamiento más común en los dos tipos de glaucoma es la trabeculectomía⁸. Se trata de ejercer un drenaje en la esclera superior del ojo para facilitar así la expulsión de humor acuoso. Esto puede comportar complicaciones como la bajada de la presión brusca a causa del grosor del nuevo drenaje. Para solucionar este problema se crea un “flap” para tapar el drenaje nuevo y así controlar el paso del humor acuoso. No obstante, si el paciente presenta mucho tejido cicatrizante puede llegar a fijar el “flap” por lo que volvería a un estado como el inicial.

En este caso pasa lo mismo que con la retinosis pigmentaria, se produce una visión en túnel debido a la limitación del campo periférico, por lo que con las ayudas mejoraran esa visión si no aplicamos muchos aumentos y prescribimos unos filtros para mejorar la sensibilidad al contraste.

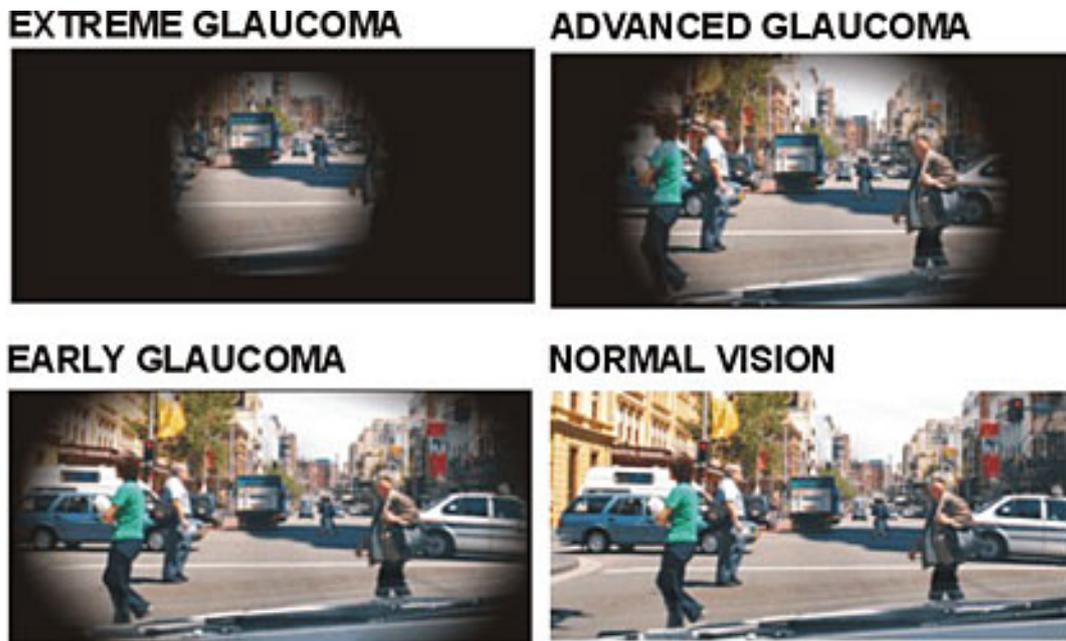


Imagen 6. Visión de una persona con glaucoma.

Aniridia

Se define aniridia como patología producida por falta de iris (*Imagen 7*).

Puede ser causada por una falta incipiente del iris o por que no ha llegado a formarse y normalmente suele ser bilateral. Dado que el iris es el responsable de controlar el paso de luz, esta afección provoca deslumbramientos. Además, también se ven afectadas otras partes de la estructura ocular como la retina, la córnea o el cristalino. Esta patología desencadena en muchos casos nistagmus (movimiento oscilatorio de los ojos que produce un desenfoque de la imagen en la retina), cataratas, glaucoma y degeneraciones corneales ⁹. Las ayudas en estos casos pretenden solucionar esos problemas de deslumbramiento, por lo que siempre se les recomienda el uso de un filtro, y , de esta manera, conseguimos disminuir la fotofobia.

Los tratamientos que existen son únicamente las lentes de contacto terapéuticas (LC) o la cirugía.

La LC que debe utilizar un paciente debe estar compuesta por un agujero estenopeico que permita disminuir el paso de la luz hacia la retina y evite los deslumbramientos..

En cambio la cirugía permite únicamente el trasplante de iris y actualmente esta técnica resulta muy compleja ¹⁰.

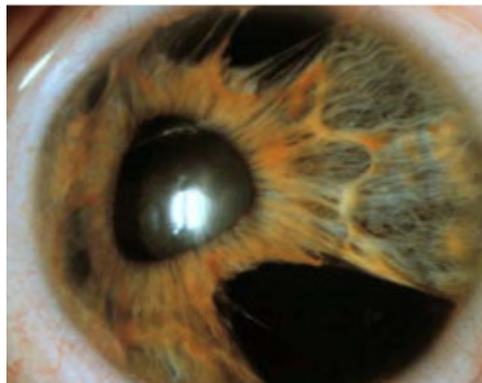


Imagen 7. Falta de Iris parcial, Aniridia.

2.Censo de personas con ceguera u otras discapacidades visuales en España

En la actualidad no existen fuentes de información completas que recojan la incidencia real de la BV en España. La ONCE documenta la condición visual de sus afiliados ¹¹, pero no debemos olvidar que se trata de un registro parcial que no tiene en cuenta a las personas con BV de otras asociaciones sin ninguna afiliación.

AFILIADOS A LA ONCE									
AÑO 2011									
COMUNIDAD AUTÓNOMA	De 0 a 18 años		De 19 a 64 años		De 65 y más años		SUBTOTALES		TOTAL
	H	M	H	M	H	M	H	M	
ANDALUCÍA	636	547	4.454	3.516	2.648	3.528	7.738	7.591	15.329
ARAGÓN	64	66	476	395	415	693	955	1.154	2.109
ASTURIAS	49	38	481	384	271	414	801	836	1.637
BALEARES	54	37	386	347	212	242	652	626	1.278
CANARIAS	152	119	1.102	998	515	685	1.769	1.802	3.571
CANTABRIA	17	15	258	223	153	256	428	494	922
C-LEÓN	129	99	947	843	870	1.235	1.946	2.177	4.123
C-LA MANCHA	106	98	849	608	496	695	1.451	1.401	2.852
CATALUÑA	319	215	2.651	2.325	2.024	2.857	4.994	5.397	10.391
EXTREMADURA	56	60	587	496	319	496	962	1.052	2.014
GALICIA	143	134	1.032	848	604	835	1.779	1.817	3.596
LA RIOJA	16	8	142	118	138	181	296	307	603
MADRID	330	236	2.515	2.199	1.728	2.598	4.573	5.033	9.606
MURCIA	109	85	683	646	407	619	1.199	1.350	2.549
NAVARRA	27	24	214	174	140	193	381	391	772
PAÍS VASCO	62	44	822	700	703	1.198	1.587	1.942	3.529
VALENCIA	252	171	1.772	1.342	1.018	1.339	3.042	2.852	5.894
TOTALES	2.521	1.996	19.371	16.162	12.661	18.064	34.553	36.222	70.775

Tabla 1: Censo demográfico de la ONCE en el año 2011. (Fuente: Registro de afiliados a la ONCE. Año 2011).

A partir de los datos de la tabla 1 se podría inferir que las mujeres son más propensas a padecer problemas visuales que los hombres. Por otra parte, observamos una mayor presencia de afiliados de edades avanzadas. En concreto, solo un 6,39% del total de las personas censadas son menores de edad y, 93,61%

restante, un 50,20% se sitúan entre los 19 y los 64 años y un 43,41% en franjas superiores. Estas cifras tienen sentido porque reflejan el impacto de aquellas patologías que surgen como consecuencia del envejecimiento y posterior deterioro de nuestro sistema visual.

Además de un censo general de afiliados clasificados en grupos de edad, la ONCE dispone también de estadísticas que reflejan la proporción entre las personas consideradas ciegas legales y aquellas que padecen deficiencias según la franja de edad en la cual se encuentran. El gráfico 3 muestra información más detallada al respecto.

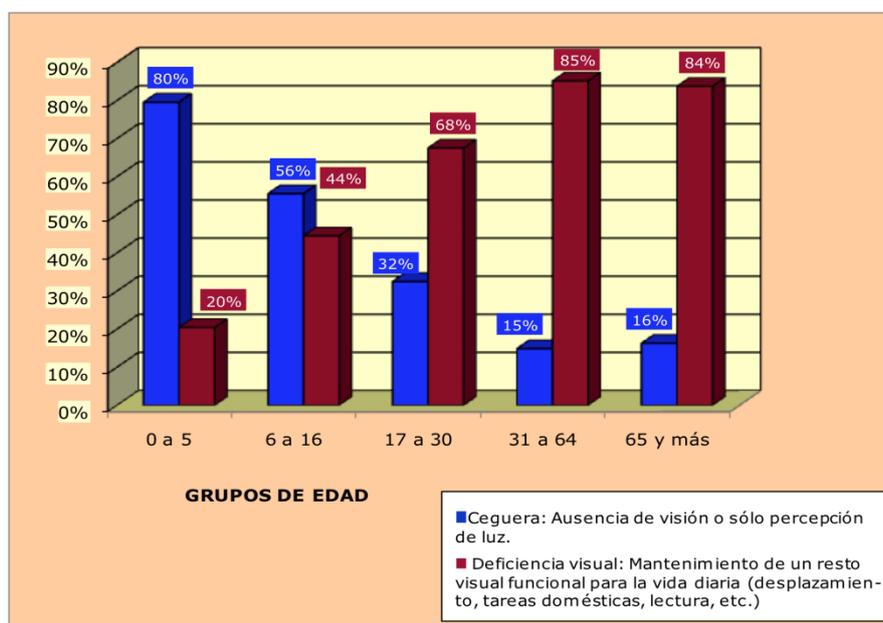


Gráfico 1. Distribución total de afiliados a la ONCE por edad y condición visual -Ceguera o Deficiencia Visual- (Fuente: Registro de afiliados a la ONCE. Año 2011).

En el gráfico 1 podemos observar qué porcentaje del total de los afiliados a la ONCE clasificados según la edad presenta ceguera y qué porcentaje presenta una deficiencia visual ¹¹. Los datos muestran que un porcentaje muy elevado (80%) de las personas de entre 0 y 16 años presentan ceguera legal, mientras que a medida que aumentamos la edad ese porcentaje disminuye. Contrariamente, esta tendencia se invierte para la BV, cuya presencia aumenta a medida que se analizan grupos de mayor edad. No obstante, los porcentajes de personas con BV y ceguera se estabilizan a partir 31 años. Estos datos resultan lógicos si se tiene en cuenta el

aumento de la esperanza de vida anteriormente mencionada, que conlleva un mayor número de personas con degeneraciones oculares debido al envejecimiento de los tejidos.

Si consideramos ahora las cifras absolutas que maneja la ONCE en referencia a la distribución de sus afiliados según el tipo de pérdida visual que presentan obtenemos los datos recogidos en el Gráfico 2 ¹¹. Podemos determinar que el 19% recogido en el gráfico corresponde aproximadamente a 13.447 afiliados ciegos, mientras que el 81% restante suman aproximadamente 57.328 afiliados con BV.

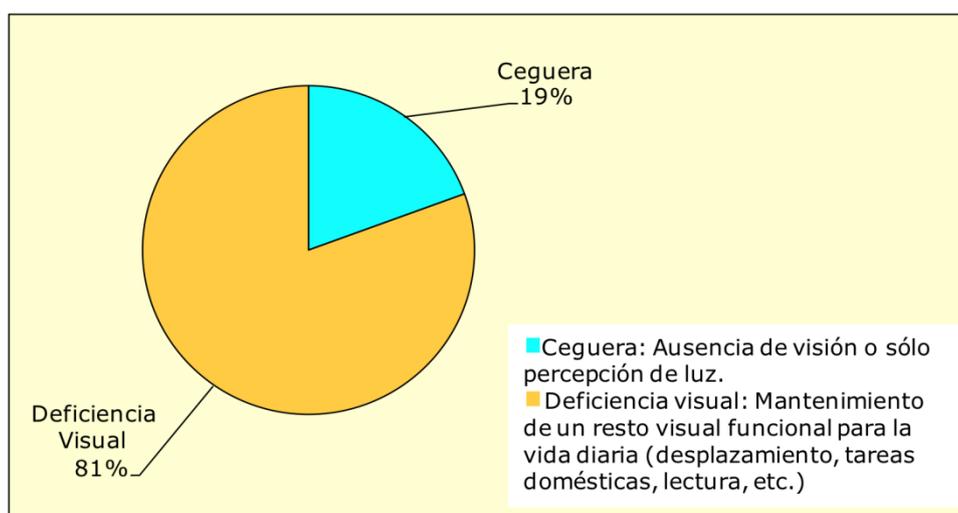


Gráfico 2. Distribución del total de afiliados a la ONCE por tipo de pérdida (Fuente: Registro de afiliados a la ONCE. Año 2011)

El equivalente a nivel mundial de los datos anteriores serían los que se recogen en el gráfico 3:

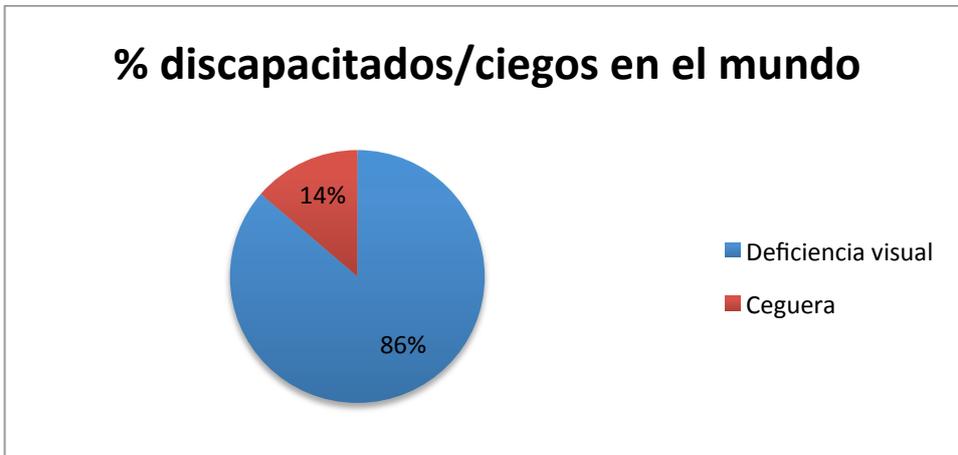


Gráfico 3: Porcentaje de discapacitados/ciegos en el mundo

Según la OMS en 2011 ¹² , 285 millones de personas padecen alguna deficiencia visual, de las cuales 246 millones presentan BV y 39 millones, ceguera. La imagen siguiente nos muestra cómo se reparten estas cifras:

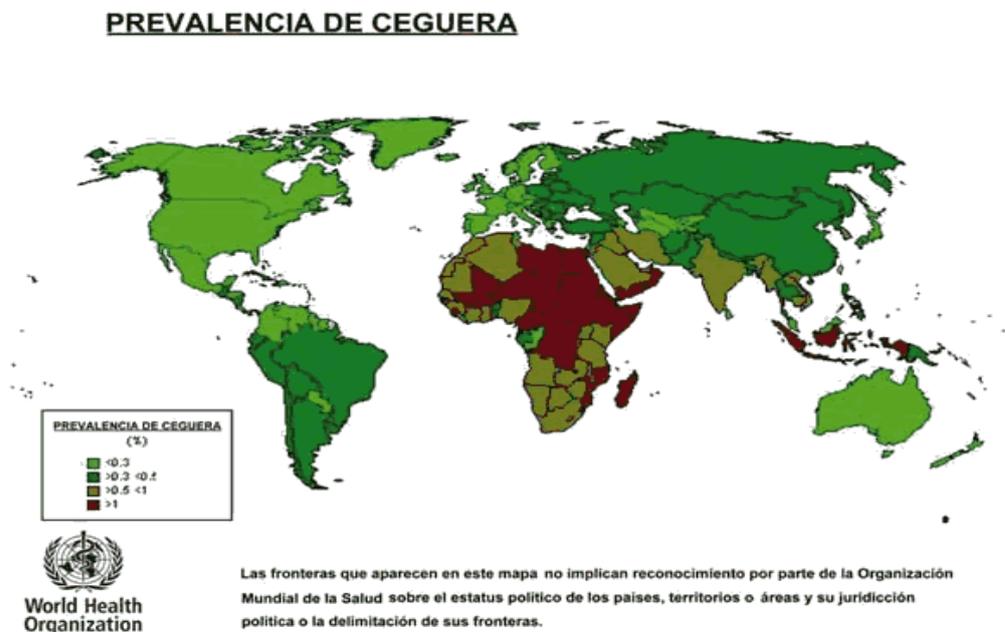


Imagen 8. Distribución mundial por la OMS en 2002 de personas con ceguera o con deficiencia visual.

Si analizamos ambos gráficos, vemos que en el caso de España solo un 19% de los casos registrados por la ONCE en 2011 corresponden a personas con ceguera legal, mientras que el 81% restante presentan restos visuales a los cuales se podría sacar partido con ayudas externas. Si ampliamos la escala al panorama mundial, el porcentaje de personas con ceguera desciende ligeramente hasta un 14%, mientras que el otro 86% corresponde a deficientes visuales.

En cuanto a la distribución, observamos que los países con mayor número de personas que padecen alguna deficiencia visual son aquellos que están en proceso de desarrollo y no disponen de recursos suficientes para solucionar los problemas visuales.

En relación con las patologías visuales más frecuentes entre los afiliados, la ONCE recoge los siguientes datos ¹¹:

PATOLOGÍAS VISUALES DE LOS AFILIADOS A LA ONCE. AÑO 2011				
<i>Patologías Visuales</i>	Número de afiliados 31/12/2011	% sobre total afiliados 31/12/2011	Altas en el año 2011	% sobre total altas en el año 2011
Miopia Magna	15.085	21,31	574	16,99
Degeneraciones Retinianas	9.560	13,51	361	10,69
Maculopatias	8.422	11,90	866	25,64
Patologia Del Nervio Optico	7.915	11,18	316	9,35
Patologia Congenita	5.073	7,17	91	2,69
Retinopatía Diabética	4.852	6,86	337	9,98
Patologia Vias Opticas	2.809	3,97	134	3,97
Glaucoma	2.747	3,88	242	7,16
Otras	2.618	3,70	85	2,52
Patologia Corneal	2.062	2,91	81	2,40
Desprendimiento De Retina	1.995	2,82	43	1,27
Nistagmus	1.859	2,63	84	2,49
Otra Patologia Vasculat Retiniana	1.475	2,08	54	1,60
Coriorretinosis	1.265	1,79	42	1,24

Cataratas	1.039	1,47	35	1,04
Uveitis	746	1,05	28	0,83
Ptisis Bulbi	629	0,89	2	0,06
Causa Desconocida	624	0,88	3	0,09
TOTAL	70.775		3.378	

Tabla 2. Distribución total de afiliados a la ONCE por edad y condición visual -Ceguera o Deficiencia Visual- (Fuente: Registro de afiliados a la ONCE. Año 2011).

La tabla 2 muestra que la enfermedad con mayor incidencia es la miopía magna, que supone un 21,31% del total de las patologías, seguida por las degeneraciones retinianas con un 13,51% y las maculopatías con un 11,90%.

A nivel mundial la distribución de las patologías más comunes es la siguiente:

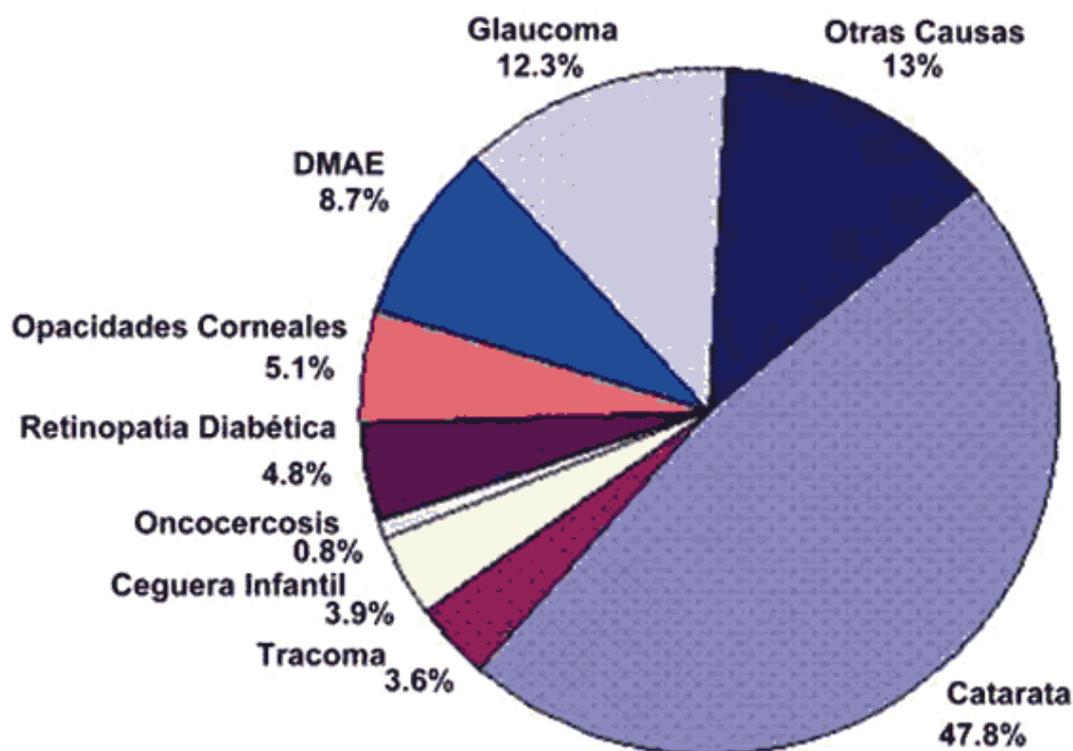


Gráfico 4: Distribución mundial de las principales patologías causantes de BV/ceguera por la OMS 2002.

Según la OMS el gráfico 4 nos muestra que la enfermedad con una mayor incidencia a nivel mundial son las cataratas (casi el 50%) ¹³. Como hemos mencionado anteriormente, los países sin recursos económicos no pueden tratar afecciones comunes que afectan a gran parte de la población y que en los países desarrollados se solucionan con mucha más frecuencia.

A la luz de estos datos, estaríamos hablando de unos 285 millones de personas en todo el mundo —57.000 de ellas en España— que podrían optimizar sus restos visuales con el tratamiento y seguimiento adecuados. Así pues, estas cifras ilustran por sí mismas la creciente necesidad de profundizar en líneas de investigación que permitan mejorar las condiciones de vida de tantos millones de ciudadanos

3. Presente, Pasado y Futuro de la Baja Visión

A pesar que la baja visión siempre ha ido ligada a la optometría, el pasado, presente y futuro de la Baja visión es muy joven y va ligado a los avances y estudios que la Ciencia y la Tecnología han desarrollado en los dos últimos siglos.

En el siglo XV a.C. se crean los primeros vasos de vidrio y se relacionan por primera vez con la óptica. El pasado de la optometría se remonta al año 700a.C, cuando se descubrió la primera lente en Nínive (actualmente Irak). Esta lente fue descubierta por casualidad por *Aristófenes*, que era la de soplador de vidrio. La primera lente era totalmente esférica, por lo que, si se miraba a través de ella, las cosas se veían deformadas. Posteriormente en el siglo V a.C. los árabes empiezan a estudiar las propiedades de los espejos y las lentes y utilizan estas últimas para cauterizar las heridas.

En el siglo III los griegos empiezan a formular las primeras teorías sobre la óptica. Los pitagóricos mantienen que "la visión es causada por la proyección de imágenes lanzadas desde los objetos hacia los ojos" ¹⁴, mientras que los platónicos afirman que la visión se forma debido a los rayos que emiten los ojos hacia los objetos.

En el siglo XIII, el monje inglés *Roger Bacon* talló la lente de forma parecida a la que utilizamos hoy en día y así creó la primera gafa. En el primer antejo se utiliza el cuarzo y el agua marina, pero debido a la gran demanda se tuvieron que construir con vidrio, por lo que era más fácil su rotura.

En 1438 aparecen los primeros maestros fabricantes de anteojos y lupas en Nuremberg y Venecia, pero no es hasta los siglos XVI y XVII cuando el progreso cultural y científico impulsa el desarrollo de la óptica y la optometría. Es en este periodo cuando aparecen nombres tan ilustres como *Kepler, Maurolico, Snellius, Descartes y Galileo Galilei*. De hecho, este último hacia 1600 estudió la fabricación de anteojos o instrumentos ópticos de entre 3 y 30 aumentos que permitieran ver mejor las cosas que a simple vista no se percibían. Así pues, es a partir de este momento cuando empieza a relacionarse la BV con la optometría.

Kepler descubrió el microscopio, compuesto tanto por el ocular como por el objetivo por lentes convexas y lo utilizó para controlar el movimiento de los planetas.

Snellius por su lado consiguió medir el ángulo de los rayos incidentes sobre y reflejados por la superficie de separación de dos medios.

La aplicación de estas lentes a la optometría fue obra de *Descartes*. fue el primero en introducir esas lentes sobre el ojos, por lo que se le considera el padre de las lentes de contacto. Sin embargo, no tuvo mucho éxito debido a la dificultad que suponía encontrar lentes con el radio necesario.

Si bien el auge de la óptica había alcanzado países como Alemania e Italia, no había llegado todavía a la Península Ibérica .

En 1623, *Benito Daza de Valdés* publica en España un libro llamado *El uso de los anteojos* ¹⁵, donde determina que la unidad de refracción es inversamente proporcional a la distancia focal. También se habla de las fuertes adiciones que requieren las mujeres de edad avanzada, por lo que ya se pensaba en las primeras ayudas visuales.

Por tanto podemos decir que en el siglo XVII se habla de aumentos, hipercorrecciones, y esto nos da a entender que había algo más que unos simples anteojos para poder sacar provecho al resto visual.

En los siglos XVIII y XIX, autores como *Newton*, *Purkinge*, *Donders Snellen*, *Helmholtz* o *Javal* fueron los encargados de inventar los aparatos y pruebas que se utilizan hoy en día en el ámbito de la optometría, como el telescopio, imágenes de Purkinje, amplitud de acomodación, test visual con E snellen y queratómetros respectivamente.

En el siglo XX, con la evolución científica y tecnológica de EEUU, Reino Unido y Australia, se dio el impulso definitivo a la optometría, lo cual repercutió también en el estudio de la BV.

En España, se creó la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE) en 1938, a la cual pueden afiliarse aquellas personas que perciban un campo visual igual o inferior a 10º o aquellas que presenten un máximo de agudeza visual corregida de 0,3 en el mejor ojo.

Aunque anteriormente ya se estudiaba en EEUU, Reino Unido y Australia, entre 1956 y 1977 se crearon en España las primeras escuelas universitarias que ofrecían formación en BV.

Un factor que influye de manera decisiva en todos estos avances es el aumento de la esperanza de vida entre la población de los países con mayor desarrollo económico e industrial. Mientras que en los siglos XVIII y XIX se situaba alrededor de los 45 años, en el siglo XX aumentó hasta los 70 y a finales del siglo XX alcanzó los 80 años en España. El envejecimiento de la población conllevó una mayor presencia de las afecciones visuales, lo cual planteó la necesidad de aplicar los avances tecnológicos existentes a la optometría para mejorar las condiciones de las personas edades avanzadas y conseguir, así, una mayor autonomía por su parte.

Así pues, desde finales del siglo XX existe una mayor conciencia social sobre la importancia de la salud visual, ámbito en el cual el optometrista juega un papel destacado a la hora de aprovechar al máximo el resto visual de sus pacientes. El vínculo que une la óptica y la optometría es estrecho y los especialistas en dichas materias constituimos una ayuda necesaria para los oftalmólogos —y viceversa, ya que muchos avances en oftalmología se deben a optometristas. Para el optometrista es muy grato percibir la satisfacción de los pacientes que pueden realizar tareas que antes eran incapaces de llevar a cabo. Si el equipo formado por el oftalmólogo, el optometrista y el rehabilitador visual está bien coordinado, seguramente se podrá ofrecer una gran ayuda a los pacientes que así lo requieran.

Todavía hoy es habitual que las personas que padecen alguna afección ocular acudan directamente al oftalmólogo. Esta situación no es la ideal ya que dichos profesionales carecen del material necesario para, por ejemplo, determinar qué AV presenta un paciente. Además, un examen exhaustivo en el que un oftalmólogo estudie tanto las condiciones visuales como las posibles patologías que presenta un paciente supone una inversión temporal que no siempre se puede dedicar a cada persona que pasa por la consulta. Por eso se considera que para conseguir los mejores resultados es conveniente que las personas con BV sean tratadas por un equipo multidisciplinar compuesto por un optometrista, un oftalmólogo y un

rehabilitador visual. De esta forma, el paciente debería ser atendido en primer lugar por el optometrista, que se encargaría de evaluar su agudeza visual. Si esta no respondiera favorablemente a la mejor corrección, el optometrista remitiría al paciente al oftalmólogo para que este realizara un examen y pudiera diagnosticar y tratar la patología en cuestión. En el caso que el paciente no presentara buenas expectativas de evolución, sería remitido a un especialista en BV, quien le proporcionaría las ayudas y el entrenamiento necesarios para aprovechar su resto visual. Así pues, el optometrista determinaría la refracción del paciente, el oftalmólogo diagnosticaría y trataría la patología y finalmente el rehabilitador visual proporcionaría los complementos que permitirían al paciente gozar de una mayor autonomía. Este circuito sería de gran ayuda tanto para los profesionales, como para el paciente, porque se solucionarían los problemas detectados en la entrevista inicial.

Las principales enfermedades en países desarrollados a las que este equipo multidisciplinar debe dar solución se reflejan en el gráfico 5, siendo mayoritariamente aquellas que afectan a la retina: DMAE, retinopatía diabética, atrofas o maculopatías entre otras. El conjunto de todas ellas constituye entre un 70% y un 80% de las patologías visuales que afectan a la población. Por su parte, el glaucoma representa entre un 10% y 13%, y las patologías corneales, distrofias o queratoplastias suponen entre un 10% y 5%. Otras patologías tales como las cataratas, el albinismo, las neuropatologías, las enfermedades de la coroides y las tumoraciones representan entre el 10% y el 2%.

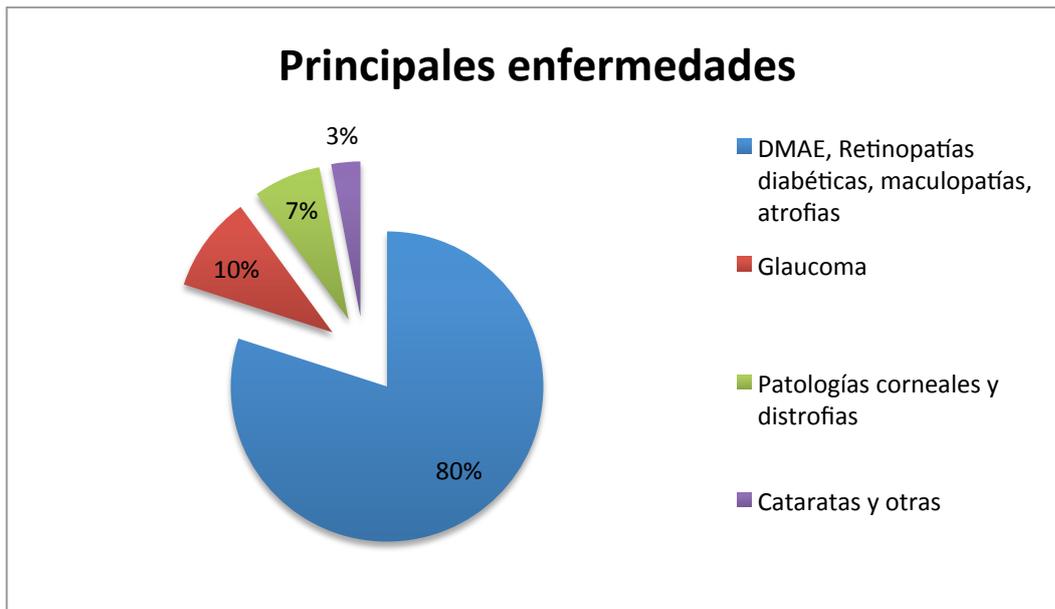


Gráfico 5: Distribución de enfermedades causantes de BV en los países desarrollados

Por todo lo mencionado hasta ahora, las posibilidades de estudio en el ámbito de la BV son numerosas. El optometrista desempeña una función esencial en ópticas, centros de visión y hospitales, tanto privados como públicos. De hecho, cada vez va ganando más protagonismo en la sanidad pública, donde colabora estrechamente con el oftalmólogo para conseguir entre los dos unos resultados óptimos. En realidad, esta colaboración se extiende también al campo de la investigación, donde el tándem oftalmólogo-optometrista promete resultados esperanzadores.

I. Balley se ha sacado un nuevo test de Sensibilidad al Contraste, de más fácil resolución para el paciente como para el Optometrista. En las últimas décadas se han abierto numerosas líneas de investigación, muchas de las cuales se relacionan directa o indirectamente con la BV. Teniendo en cuenta que en la actualidad más de dos millones de pacientes precisarían un estudio de BV en nuestro país y que se considera que en los próximos veinte años esta cifra se duplicará, una de las líneas con más proyección es la que se ocupa de explorar cómo los nuevos avances tecnológicos pueden contribuir a paliar las deficiencias visuales como implantes y trasplantes celulares.

4. Ayudas habituales para la Baja Visión

Si pensamos en ayudas para las personas ciegas o con BV, seguramente nos vengan a la cabeza el bastón para la movilidad o los perros lazarillo, que son aquellas con las que en general estamos más familiarizados. Indudablemente, ambas constituyen apoyos importantes, pero existen otros tipos de asistencias que favorecen la autonomía de las personas con deficiencias visuales. En esta sección nos fijaremos en aquellas que incorporan componentes ópticos o electrónicos que permite mejorar las condiciones de vida de los pacientes con BV.

Son todas aquellas herramientas compuestas por lentes: microscopios, lupas, lupas tv, lupas electrónicas, telescopios o filtros, entre otras. Todas ellas se pueden adquirir comercialmente, pero en España la ONCE suele suministrarlas entre los afiliados que las requieren.

Ayudas ópticas

Lupa

La lupa es una lente convexa capaz de aumentar el tamaño de las cosas situadas a una determinada distancia, por lo que se al principio se utilizo para corregir la presbicia.

Hay pocas fuentes que documenten la creación de las primeras gafas y, aunque no se conoce con seguridad, se cree que fueron obra de una persona sin conocimientos ni interés por la óptica. Se especula sobre un cristalero que fabricaba piezas completamente circulares y que percibió que si miraba a través de ellas, su visión mejoraba.

Se introdujo en Europa gracias a Roger Bacon. Este científico y filósofo fue el primero en determinar que las gafas eran una ayuda óptica.

Así los anteojos se utilizaron por primera para corregir la presbicia en el s. XIII y el primero en usarlos fue un monje veneciano. Otros utilizaban estas gafas para poder aumentar las cosas, llegamos a la creación de la lupa. Muchos al no conocer estos anteojos utilizaban la lupa para poder ver los objetos a distancias cercanas.

Existe una relación entre las dos, tanto las gafas de presbicia como la lupa son instrumentos que sirven para aumentar los objetos cercanos.

Incluso muchos eruditos de la época relatan el uso de la lupa o anteojo en sus novelas, como es el caso de Petrarca, quien narraba en su biografía que "(...) para mi fastidio, al llegar a los sesenta años de edad... hube de buscar la ayuda de las gafas" .

A partir de aquí se fueron desarrollando nuevas técnicas, como la gafa bifocal,, creada por Benjamin Franklin en 1758, hasta finales del siglo XIX, cuando se diseñaron las primeras lentes con astigmatismo.

La función principal de la lupa es la de aumentar los objetos cercanos y se utiliza para leer (aunque baja la velocidad lectora en comparación con otros instrumentos), coser, observar objetos puntuales, entre otras. Para conseguir esto podemos hacerlo acercándonos al objeto o utilizando al aumento angular (producido por las lentes sin uso de la acomodación). El objeto que se quiere observar se debe colocar a la distancia focal de la lupa (inversa de la potencia) para que no se acomode.

Para que su uso sea el óptimo el sujeto debe ir bien corregido y no debe acercarse a la lente puesto que sino se reduce el campo visual.

Esta ayuda es de fácil uso para las personas con BV y son baratas, sin embargo no se puede recomendar a pacientes que no presentan una buena movilidad.



Imagen 9: Lupa

Telescopio

El telescopio se creó en 1590. Según Galileo Galilei, el descubrimiento que llevó a su invención fue casual, como el de la lupa, y no está del todo claro quién tuvo la idea original. Aunque algunos historiadores no lo comparten, tradicionalmente se ha considerado obra de Hans Lippershey, un ciudadano de Middelburg tallador de cristales, quien se percató de que situando dos lentes, una convexa y otra cóncava, a cierta distancia una de la otra se podían ver los objetos lejanos.

Cuando se creó a finales del s. XVI, en pleno Renacimiento, los pensadores de la época solo aceptaban aquello que pudiera demostrarse empíricamente. Si algo no podía comprobarse, no era válido. Por eso el telescopio no tomó demasiada consideración, porque se pensaba que no existía ningún instrumento capaz de mostrar las cosas que el ojo humano no podía ver. Al enterarse de la nueva invención, Galileo decidió construir un telescopio siguiendo las especificaciones patentadas por Lippershey e investigó su funcionamiento y sus potenciales beneficios, aunque aquello le costara un aluvión de críticas. Alrededor del 1610, Galileo decidió mirar al cielo a través del telescopio y divisó los planetas y la luna, que nunca antes habían podido contemplarse con tanto detalle. Poco después, publicó un documento llamado *Sidereus Nuncius* (Mensajero de las estrellas) ¹⁶ en el cual recogía sus observaciones nocturnas con el telescopio.

También en el año 1610 le regalan un telescopio a Johannes Kepler, que aunque no elaboró ninguna teoría sobre la refracción, fue capaz de explicar de una manera precisa el funcionamiento del instrumento. Además, Kepler se planteó cambiar la lente divergente del ocular del telescopio por otra convergente, lo cual conllevaría que al girar la imagen se ampliara el campo visual. No obstante, esta idea tenía un inconveniente puesto que la calidad de las imágenes era peor y no resultaban tan nítidas como las del telescopio original. Kepler recogió su investigación en *Dioptrice*, un libro que publicó en 1611¹⁷.

Un poco más tarde, Huygens sustituyó el ocular convergente simple por un sistema compuesto por dos lentes y situó la nueva muy cerca del plano focal del objetivo. De este modo consiguió acercar la pupila a la salida del ocular, aumentando así todavía más el campo visual. El ocular compuesto por dos lentes se sigue aún

usando en los microscopios y en algunos telescopios pequeños.

Durante los siglos siguientes, se realizan estudios y se perfecciona el telescopio hasta llegar al modelo de telescopio actual, que constituye una herramienta de gran ayuda tanto para las ciencias astronómicas, físicas o simplemente como una ayuda para solucionar problemas de visión.

Actualmente, tal y como hemos explicado anteriormente existen dos tipos de telescopios presentados en la tabla 3:

Diferencias entre los telescopios	
Kepler	Galileo
Formado por una lente positiva y otra negativa	Formado por dos lentes positivas
Aumentos hasta 4x	Aumentos mayores
Campo visual no está limitado nítidamente en el borde	Campo visual útil y nítido en toda su extensión
No necesitan sistemas inversores	Necesitan prismas para situar derecha la imagen
Son ligeros	Más pesado

Tabla 3: Diferencias entre los telescopios.

Para utilizar el telescopio se requiere de un entrenamiento. Se debe enseñar su uso porque es fácil perder la localización espacial de los objetos, también es difícil habituarse debido a que cuando se mueve la cabeza con el telescopio, éstas se mueven en sentido contrario y por último se limita el campo y la iluminación.

Se utiliza en BV para poder ver los números de los autobuses, los nombres de las calles, ir al teatro, al cine y muchas más.



Imagen 10: Telescopio autoenfocable montado en gafa.

Microscopio

El microscopio está compuesto por una lente con una potencia positiva muy elevada para poder realizar tareas en visión próxima a una distancia muy pequeña. La historia del microscopio tiene dos puntos en común con la del telescopio. Primero, hay dudas sobre el responsable de su invención, aunque se atribuye a Zacharias Jansen, un fabricante de anteojos que también era de Middleburg. Y segundo, también tuvo que lidiar con la oposición de una comunidad científica reacia a su uso.

Los primeros microscopios eran muy grandes y presentaban errores cromáticos. En 1665, Robert Hooke presentó *Micrographia*¹⁸, la primera teoría sobre el paso de la luz, la refracción, la reflexión y la absorción, que sirvió como base para solucionar los problemas que presentaban los microscopios de la época.

Por su parte, Antoni Van Leeuwenhoek, un vendedor de sedas, algodones y demás textiles que disponía de una lupa de aumento con la que determinaba la calidad del género que vendía, se convirtió en el primer promotor del microscopio. Cuando apareció dicha herramienta, Leeuwenhoek sustituyó la lupa que él mismo había tallado a mano y separado con dos piezas metálicas por el nuevo microscopio. Con este nuevo instrumento, el comerciante era capaz de conocer mejor sus telas y animado por los beneficios que obtenía, fue fabricando sus propias lentes –hasta llegar a unas 550-, la más potente de las cuales tenía una potencia de aumento de 500 y un poder de resolución de una millonésima de metro. Él mismo, en 1674, cogió un poco de agua del lago de al lado de su casa y la observó en su microscopio particular. De este modo observó que en la superficie del agua existía vida diminuta que a simple vista no podemos observar y se dedicó a observar microorganismos presentes en el medio ambiente.

A partir de este momento se han ido modificando las estructuras del microscopio. Esta herramienta ha tenido infinitas aplicaciones, sobretodo en los estudios relacionados con las ciencias de la salud, donde ha propiciado una enorme cantidad de avances científicos.

En óptica también ha proporcionado muchas ayudas, sobretodo para personas con

discapacidades visuales en tareas cercanas, es una ayuda que actualmente se utiliza mucho. En definitiva es un avance tecnológico con una gran importancia para tareas en visión cercana. Se utiliza sobretodo para leer, coser y más, sobretodo tareas de uso un poco más largo que con la lupa.

Filtros

Los filtros son aquellas lentes que alteran tanto la intensidad como la distribución espectral de la luz ¹⁹ y su función consiste en proteger al ojo de la energía radiante nociva o no deseada y el objetivo principal es eliminar la radiación ineficaz e incrementar la sensibilidad al contraste. Constituyen la ayuda óptica más prescrita a las personas con BV porque, según Watson ²⁰ y muchos profesionales posteriores, la iluminación juega un papel muy importante en el desarrollo de las tareas diarias. De aquí que un correcto tratamiento de la luz que incide en los ojos de los pacientes sea clave para su autonomía, por ejemplo, señalan la iluminación como uno de los factores a tener en cuenta en la difícil tarea de prescribir filtros a pacientes con BV. Sin embargo, conviene recordar que no existe ningún protocolo de prescripción establecido y, tal como veremos más adelante en esta sección, para obtener los resultados óptimos habrá que tener en cuenta otros aspectos además de la luz.

En relación con los filtros, existen dos tipos claramente diferenciados: los de densidad neutra y los absorbentes. Los filtros neutros reducen la intensidad luminosa de la fuente. Estudios afirman que eliminan porcentajes iguales de todas las longitudes de onda correspondientes al espectro visible, de manera que no producen cambios en el color aparente de la fuente luminosa, ni en sus propiedades espectrales, dándose una disminución proporcional de la curva completa de luz.

La prescripción de filtros neutros convencionales a personas con BV es muy compleja, así pues, suelen utilizarse para patologías visuales que afectan a los medios de transmisión del ojo, y, para aquellas que derivan de la alta sensibilidad a la luz (aniridias, fotofobias, etc). Incluso en algunos casos como deslumbramientos

producidos por cataratas o distrofias corneales se puede llegar a establecer una respuesta equiparable del sujeto a controles de iluminación de tipo visera.

Corning, fabricante de filtros en la actualidad, presenta una tabla en la que recoge los filtros más prescritos para diferentes patologías (tabla 4).

FILTROS CORNING		
DIAGNÓSTICO	ELECCIÓN MÁS FRECUENTE	SEGUNDA OPCIÓN
Catarata evolutiva	CPF 511	CPF 527
Afaquia o pseudoafaquia	CPF 511	CPF 527
Retinopatía diabética	CPF 527	CPF 511
Degeneración macular	CPF 527	CPF 511
Retinosis pigmentaria	CPF 550	CPF 527
Fotofobia	CPF 527	CPF 511
Distrofia de la córnea	CPF 527	CPF 511
Atrofia óptica	CPF 511	CPF 527
Albinismo	CPF 527	CPF 550
Aniridia	CPF 550	CPF 527

Tabla 4: filtros Corning.

Además, está documentado que no toda la luz que entra en el ojo presenta la misma afectación sobre la formación de la imagen retiniana, su dispersión es nociva en cuanto al deslumbramiento y a la pérdida del contraste con efectos más marcados en personas con BV que en personas con visión normal o corregida. Por eso, los filtros absorbentes, actúan de forma selectiva sobre algunas longitudes de onda. Muchos estudios demuestran que el uso de filtros absorbentes por parte de personas con BV resulta beneficioso en cuanto al aumento del contraste, la eliminación del deslumbramiento y la reducción de los tiempos de adaptación a los cambios de iluminación. A diferencia de los filtros de densidad neutra, que solo mejoran las condiciones de los pacientes que presentan afecciones concretas, los filtros absorbentes se prescriben para todo tipo de patologías, principalmente a las que presentan afectación retiniana.

Como mencionábamos antes, en la actualidad se carece de un protocolo sobre prescripción de filtros, por lo cual resulta imprescindible evaluar funcionalmente al individuo para obtener datos sobre su rendimiento visual ante diferentes tareas

como, por ejemplo, las referidas al desplazamiento en su relación con los efectos de la iluminación ²¹. Para que dicha evaluación funcione para prevenir las necesidades reales de un sujeto en cuanto a los sistemas de control de la iluminación, es necesario partir de la selección de muestras representativas y representativas del comportamiento a evaluar. Para obtener conclusiones óptimas habrá que conjugar la información proveniente de cuatro fuentes: la evaluación clínica, la entrevista preliminar, los datos obtenidos a partir de la base de procedimientos de observación sistemática y las preferencias del propio individuo. Existen también otros tipos de filtros llamados los polarizadores, que tienen como función principal evitar el deslumbramiento en un momento puntual debido al reflejo de la luz sobre una superficie brillante.

Ayudas electrónicas

Las ayudas electrónicas normalmente hacen uso de un sistema de visualización, como una cámara, y de un mínimo de procesamiento posterior antes de presentar la información útil en una pantalla suficientemente grande para que el usuario encuentre dicha información magnificada.

A partir de aquí nacen las CCTV (circuito cerrado de televisión). Presentan diferentes tipos de enfoques, cámaras versátiles, todo con un buen sistema de iluminación. Los hay de sobremesa, en los que el sistema está fijo y el objeto a visualizar debe insertarse en un soporte preparado para él. Los hay versátiles, donde una especie de ratón óptico se va pasando y envían el texto al gusto del usuario, y visualizando en la pantalla de TV el texto. En el ratón, se puede controlar tanto el grado de iluminación como el de magnificación, así como el contraste, y mostrar por ejemplo el negativo de la imagen, pues para muchas personas es mucho más fácil leer blanco sobre negro, que al revés. Unas ayudas en Baja visión muy utilizadas, son las lupas electrónicas y las lupas TV.

Otras ayudas electrónicas son los magnificadores. En este sentido los CCTV son magnificadores ya que ofrecen una imagen ampliada de la realidad, aunque este término se reserva más a pequeños sistemas que se colocan normalmente en papel impreso, y que incorporan una pantalla para visualizar la imagen. Normalmente también incorporan un pequeño microprocesador que permite realizar realces de

imagen, mejora de contraste o modificaciones en el sistema de iluminación. Gozan de gran versatilidad en sus posiciones de manejo, con la pantalla y la cámara orientables con facilidad. Estos sistemas deben ser de fácil usabilidad, y por eso los fabricantes luchan para conseguir esa facilidad de utilización.

También existen sistemas que envían la información a un par de cámaras que están situados en un visor delante de los ojos, son los sistemas cefálicos.

Lupa TV

La lupa TV es un dispositivo electrónico que actualmente no se está utilizando mucho en nuestro país, aunque poco a poco se va teniendo más en cuenta. Pues es de gran ayuda debido a que se están mejorando las características de los que existen y ya se están implementando en el uso escolar debido a que proyectan la imagen de pizarras también.

La lupa tv consta de una cámara unida a una plataforma móvil que capta la imagen que desea el usuario y posteriormente se proyecta sobre una pantalla. Esta pantalla la tiene situada el usuario a una distancia cercana y puede ampliarla lo que sea necesario, ya que llega a un aumento de 2x a 60x.

Presentan muchas características debido a que se puede cambiar el contraste de la pantalla, se puede ajustar el brillo, existen diferentes tamaños de pantalla, son compatibles con los monitores del ordenador, etc.

Existen portátiles, de sobremesa y de sobremesa-portátil. Esto depende del uso que se le vaya a dar a la lupa, si es para tener en un sitio fijo, o si es para ir transportando.

Esta ayuda va orientada a cualquier persona que padezca BV. Es muy favorable para cualquier persona debido a que permite tener más distancia con la pantalla, eso es una ventaja debido a que muchas personas por llevar graduaciones muy altas en visión próxima se tienen que acercar mucho para verlas bien. Otra ventaja es que es binocular, es decir, el paciente dispone de los dos ojos, lo que le proporciona un campo mayor.

Por último esta ayuda es recomendable utilizarla en tareas que sean prolongadas, porque sino no es rentable, es decir, su gasto no se justificaría con el uso que se le da.



Imagen 13: lupa Tv magnilink (AVS).

Lupa electrónica portátil

Después de ver cómo se inventó la lupa convencional, se han desarrollado muchos avances hasta llegar a este tipo de ayuda.

La lupa electrónica sigue el mismo patrón que la primera lupa que se inventó por Roger Bacon en el siglo X, es decir, está compuesta por una lente capaz de ampliar los objetos que queremos observar.

Estos dispositivos llevan incorporada la cámara y la pantalla en el mismo dispositivo y es tan fácil como pasar la lupa por encima del texto que queremos leer, y éste se puede leer ampliado sobre la pantalla de la que dispone.

Es un avance muy importante debido a que además llevan luz artificial incorporada, lo que hace que se puedan leer mejor los objetos. Está compuesta por una batería que hace que tenga una cierta autonomía y la podamos utilizar sin tener que estar conectada a la corriente como en el caso de la lupa tv.

Esta ayuda se considera secundaria, es decir, la persona que la requiera no tiene que tener únicamente esta ayuda, sino que seguramente tenga una lupa tv y además utilice la lupa electrónica portátil para leer el periódico o realizar una tarea en visión próxima.

Es de gran manejabilidad, a parte también podemos cambiar el contraste del objeto que deseamos ver, dispone de una pantalla de unas 3,5 pulgadas, son de fácil aprendizaje y pueden congelar la imagen (hacer fotos).

Imagen 14: Lupa portátil looky.



Magnificadores de pantalla

El objetivo de esta disciplina es adaptar las tecnologías a las personas con alguna discapacidad visual y de esta manera mejorar su calidad de vida, proporcionarle una mayor autonomía, mejorar la integración social y poder optar a una formación profesional, laboral o social.

La informática ha sido uno de los aspectos más trabajados en este sector debido a que hoy en día todo está relacionado con la informática.

La manera más común de acceder a la información o búsqueda es a través del ordenador. Una persona con deficiencia visual requiere de un aumento de la pantalla o de los caracteres de la pantalla para poder acceder a esa información.

Hay dos maneras de acceder a la lectura de una pantalla de ordenador:

- Programas de ampliación de caracteres.
- Lectores de pantalla.

Programas de ampliación de caracteres

Los programas de ampliación de caracteres son muy utilizados por las personas con deficiencias visuales, sin llegar a ser invidentes. Normalmente estas personas presentan muchos problemas para acceder a la información de la pantalla de ordenador, por lo que utilizan estos magnificadores de pantalla. Actualmente los más utilizados son el ZoomText, ONCE-MEGA y Magic.

El usuario puede elegir un tipo de ampliación entre los distintos tipos disponibles, puede determinar la escala para las ampliaciones, activar o desactivar una segunda ventana de ampliación, cargar y salvar configuraciones de sesiones. Se puede configurar también el tamaño del cursor del ratón, los colores y la velocidad de desplazamiento entre muchas otras. Lo que pretenden estos programas es proporcionar el máximo de prestaciones posibles para que la persona con deficiencia visual pueda adaptarse el ordenador completamente a sus necesidades. Estos programas presentan cada uno sus características, pero una que tienen en común es que no utilizan prácticamente el ratón, es decir, va por pulsación simultánea de varias teclas. Esto es debido a que a una persona con deficiencia visual le cuesta mucho encontrar las cosas en la pantalla del ordenador, por lo que normalmente tienen marcadas las teclas del ordenador con marcadores, de tal manera que es más fácil encontrar las teclas.

Estos programas tienen el inconveniente del aumento; si un deficiente visual requiere de mucho aumento para poder ver las cosas del ordenador perderemos campo visual, por lo que es recomendable siempre intentar utilizar el mínimo aumento necesario. Pues en el caso de que el aumento sea muy alto veremos afectada la velocidad lectora del paciente por no poder acceder a toda la información de la pantalla. Para solventar este problema muchos de estos programas incorporan un sistema de audio para poder reproducir lo que está escrito en la pantalla y así evitamos tener que aumentar tanto la pantalla.

Estos programas funcionan con el sistema operativo Windows, por lo que prácticamente en todos los ordenadores pueden instalarse

Lectores de pantalla (JAWS)

Los lectores de pantalla son programas que están destinados principalmente para personas ciegas. Esta aplicación permite a los ciegos llegar a la información de la pantalla a través de voz o en braille (línea ECO braille). En función de las deficiencias que tenga la persona lo transcribe en voz o braille. Una persona que sea sordo-ciega utilizará el lector de pantalla a través de la línea ECO braille ya que tiene una pérdida auditiva o es totalmente sorda a parte de presentar esa deficiencia visual.

La línea ECO Braille debe estar conectado al ordenador y proporciona lo que está escrito en la pantalla en su display. Funciona presentando electrónicamente en las celdillas los vástagos de las letras escritas en braille, de tal manera que se borran cada vez cuándo la persona quiere que cambie de texto.

Este programa funciona a través de “scripts”, pues proporcionan las combinaciones necesarias de diferentes teclas que se teclean a la vez para realizar diferentes actividades con el ordenador.

Éste es un dispositivo que permite trabajar con Windows y con el pack office. Es muy utilizado porque su funcionamiento se basa en el seguimiento constante del foco de Windows, proporcionando información de dónde se encuentra el foco y qué está haciendo Windows en todo momento.

Teléfonos móviles

El teléfono móvil es un utensilio que cada vez está siendo más utilizado por las personas. Es una herramienta de mucha ayuda en cualquier momento. Se estudió como antiguamente las personas que presentaban una deficiencia visual no podían acceder a usar el móvil. Los primeros teléfonos que se crearon eran de gran tamaño y presentaban una pantalla y un teclado muy pequeños, cosa que dificultaba en gran medida el uso de éste a personas que no presentaran una buena calidad visual.

Debido a que los deficientes visuales presentaban dificultades se fueron creando avances tecnológicos en los teléfonos móviles hasta llegar a poder hacer cualquier cosa con ellos.

Actualmente se han comercializado los famosos Smartphone, éstos presentan un software muy estudiado por los ingenieros de las marcas telefónicas para poder hacer desaparecer todas las barreras arquitectónicas que éstos presentaban anteriormente. Concretamente la empresa Cody Factory ha desarrollado muchas aplicaciones para éstos ²².

Estos Smartphone disponen de muchas aplicaciones para los DV. Las más utilizadas son estas:

Identificador de llamadas

La peculiaridad de esta aplicación es la proyección mediante voz del número que le está llamando en este momento. Se emite por voz cuando el timbre empieza a sonar. Permite almacenar hasta 10 números en la memoria del teléfono, siendo capaz de nombrarnos el número, la fecha y la hora de la llamada. De esta manera tenemos un recorrido muy rápido sobre las llamadas que hemos tenido durante el tiempo que no hemos estado disponibles.

Mobile Accessibility

En este caso lo que se consiguió es que el teléfono esté adaptado de una manera completa al usuario, siendo pues, de esta manera una herramienta de fácil uso. Esa facilidad se consiguió gracias a un sistema de voz que lleva el teléfono aplicado y nos va guiando por todos los menús en los que nos encontramos del teléfono.

Mobile Colour Recognizer

Después de conseguir facilitar el acceso a la navegación por el teléfono, se dieron cuenta que los DV presentaban muchos problemas para diferenciar los colores, por lo que desarrollaron una aplicación en la que se pretende solucionar estos problemas utilizando la cámara del teléfono. En este caso se hace una foto sobre el objeto que deseamos saber de que color es y el teléfono mediante una emisión auditiva nos explica de que color es el objeto que hemos enfocado. Para poder enfocar bien y realizar la foto correcta esta aplicación debería usarse en conjunto con Mobile Accessibility y Mobile Speak.

Mobile Magnifier

Otra aplicación de gran interés. Proporciona un aumento de los caracteres que se encuentran en la pantalla del teléfono. Este aumento lo genera de forma automática

en función de la zona de los menús por la que nos estemos moviendo. En este caso sería una aplicación muy similar a la del ordenador citada anteriormente, el ZoomText.

Mobile Speak

Para facilitar el uso del teléfono se ha desarrollado un emisor auditivo en el que en todo momento nos está emitiendo por voz todos los menús y opciones que tenemos. Es de gran ayuda ya que no tiene límites, es decir, nos sirve tanto para realizar llamadas, como para navegar por internet, para enviar mensajes, para enviar correos electrónicos, entre otras.

Owasays

Owasays ya no es una aplicación como las anteriormente explicadas, sino que es un teléfono móvil para personas con DV. No dispone de pantalla, simplemente consta de un teclado y de un menú muy sencillo formado por muy pocas teclas. Este dispositivo le permite a la persona que lo utiliza poder llamar y hablar con los demás sin ningún tipo de problema.

Audiolibros

Los audiolibros son una herramienta que se está utilizando mucho actualmente en BV y ceguera. Actualmente seguimos utilizando mucho la lectura sobre papel, pero se ha estudiado que el contraste que muestran muchos libros no es el óptimo y para muchas personas supone un gran inconveniente, por lo que se desarrolló el audiolibro, de esta manera se puede solucionar este problema.

Se utilizan para personas que padecen dificultades en la lectura, ya sean discapacitados visuales (ciegos o deficientes visuales) o disléxicos.

Su función es la de reproducir por voz los textos que estaban almacenados en casetes. Para poder conseguir el casete con el libro grabado suponía un esfuerzo muy grande y una inversión de tiempo muy alta, por lo que se desarrolló posteriormente el sistema DAYSI (Digital Acces To Information SYstem). Éste es un conjunto de formatos para poder representar los libros electrónicos en formato XML (Lenguaje de Marcas Extensible) y se pueden crear documentos mp3, html, Braille, pdf, con tipología grande, entre otros.

El sistema DAISY se puede presentar en CD o DVD y puede ser reproducido por el ordenador. Existen aparatos para poder reproducir estos CD/DVD como discman o ordenadores portátiles.

Se está aplicando en un gran número de discapacitados visuales en edad escolar y se comprobado que el resultado es satisfactorio y ejerce una motivación para los estudiantes debido a que solucionamos sus obstáculos.

Los problemas de estos sistemas DAYSI es que no todos los aparatos que más utilizamos hoy en día están acondicionados para poderlos reproducir, pero a medida que avanza la tecnología cada vez estará más integrado en nuestro comercio y que no todas las instituciones públicas disponen de adaptaciones a éste sistema.

5.Nuevas tendencias en sistemas de ayuda a la Baja Visión.

Actualmente se están investigando sobre el telescopio implantado, lentes de cristal líquido, ojo biónico, implante cortical o cerebral , implantes retinianos y trasplante de células mesenquimales.

Telescopio intraocular

El telescopio implantado ha sido desarrollado por VisionCare Inc. y ha sido aprobado para su uso en la Unión Europea, y también fue aprobada por la FDA en 2011 ²³.

Fue inventado por E. Peli²⁴ y desarrollado por VisionCare Inc.²³, es un pequeño telescopio galileano que se inserta quirúrgicamente en un solo ojo de los pacientes con pérdida visual bilateral central. Este TS intraocular proporciona unos 3 aumentos y aumenta el campo en 6,6º en comparación con personas que lo llevan implantado en las gafas.

Después de este gran avance es importante valorar si este TS intraocular es efectivo en campo de visión, en los movimientos de cabeza, con los reflejos vestibulares y su uso de forma monocular.

El TS se compone de una lente intraocular (LIO) y de un telescopio galileano situado encima de esta LIO. Seguidamente se introduce en la cámara posterior a través de la misma técnica quirúrgica que la de las cataratas. Este TS de mantiene en su posición por unos bucles hápticos y el telescopio se sitúa hacia delante a través de la pupila y siendo sujeto por el iris. Al apoyarse sobre él iris, hace que el TS se alinee casi a la perfección con el eje óptico.

El TS intraocular esta compuesto por dos vidrios planos separados por un tubo. Muchas veces al colocar este TS intraocular no se acaba de definir del todo la imagen, por lo que en muchas ocasiones deberá ir acompañado de unas gafas, sobretodo para tareas en visión cercana.

Éste se aplicará en un solo ojo para proporcionar de esta manera mejor resolución central, mientras que el otro ojo lo utilizaremos para tener una buena orientación y movilidad.

Al comprobarse que este tipo de ayudas presentan mayor campo visual que el montado en gafa, también permiten tener mayor movimientos oculares.

También se ha comprobado como la interacción vestibular ejerce el mismo efecto tanto en el TS intraocular, como en el TS montado en gafa y la LIO. En ambos casos cuando miramos en posición primaria de mirada (PPM) y movemos la cabeza unos grados, la imagen del objeto se desplaza los mismos grados que hemos desplazado la cabeza en la retina. Por lo que el movimiento de rotación del ojo es menor en ambos casos.

Este avance tecnológico proporciona muy buenas opciones de tratamiento a pacientes que presenten alguna enfermedad ocular que les pueda producir Baja Visión, aunque aún está en proceso de mejoras. Se ha comprobado como los pacientes aguantan aumentos muy diferentes entre ambos ojos, como aumentan el campo visual y que les permite tener un número mayor de movimientos oculares para explorar su alrededor.

De todas maneras para poderlo utilizar se requiere de un previo entrenamiento con una persona especializada, y no se descarta que en un futuro no muy lejano sea una opción de tratamiento sobretodo en pacientes con problemas en la retina como la DMAE y la retinosis pigmentaria. El éxito de esta ayuda dependerá de la evolución de la enfermedad y de las opacidades corneales que presente el paciente, ya que si presenta alguna opacidad esta ayuda no será aconsejada para ese sujeto.

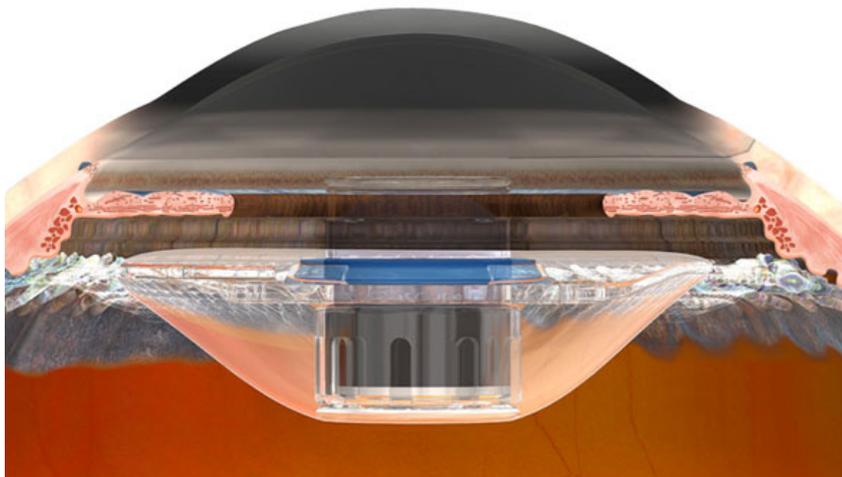


Imagen 15: Telescopio intraocular desarrollado por VisionCare.

Ojo biónico

El ojo bio-electrónico aún está en fase de aprobación por parte de la FDA. Este implante consta de dos partes. Primero el implante de un microchip en el globo ocular y, luego, unos lentes que enviarían la información de forma inalámbrica al aparato. El chip implantado haría reaccionar a los conos y bastones, que deben funcionar con cierta normalidad. Por tanto estos implantes no van destinados para personas con glaucoma o con ceguera de nacimiento. Aunque el implante no haría que la gente pudiera recuperar la visión en un 100% sino que les serviría para reconocer las caras en un espacio conocido. Este avance fue llevado a cabo por el instituto Tecnológico de Massachussets.

Recientemente los científicos de la Universidad de Stanford en California, han desarrollado un nuevo ojo biónico que funciona a través de paneles solares ²⁵. Este avance permite igual que los anteriores, intentar devolver la visión a personas que no la tenían pero en el caso de tenerla, mejorarla lo máximo posible.

En concreto este avance consiste en un proceso similar al desarrollado por los científicos de Massachussets. El sistema sigue el mismo patrón que el que siguen las placas solares y lo que se genera es una corriente que se transmite a la retina. Estas placas o paneles se colocan en la parte posterior del ojo y una pequeña cámara de vídeo instalada detrás de la retina graba lo que está ocurriendo, generando de esta manera unos rayos casi infrarrojos que van al chip que está situado en la retina. A continuación este chip transforma la luz infrarroja en impulso nervioso, estimula las neuronas de la retina y envía la información al cerebro.

Los científicos explicaron que cada una de las células fotovoltaicas es estimulada de forma individual, por lo que se puede conseguir una imagen de mayor resolución.



Imagen 16: Ojo biónico.

Implantes retinianos

Para entender los implantes retinianos es preciso hacer un pequeño repaso sobre las diferentes estructuras de la retina, ya que su funcionamiento es complejo.

Túnica Interna

Se extiende desde el borde papilar hasta la papila óptica.

Desde la papila hasta la ora serrata se llama retina visual, y desde la ora serrata hasta el borde papilar retina ciega, la cual se divide en retina ciega ciliar y en retina ciliar irídica.

Retina visual

Es la capa más importante del ojo y consiste en una membrana fina delicada y transparente de coloración ligeramente rosada debido a su vascularización y a la rodopsina (pigmento visual).

Gracias a ella, se produce el impulso nervioso que se transmite al encéfalo. Su función es pues, recibir los estímulos luminosos, transformarlos en impulsos nerviosos y enviarlos al encéfalo mediante el nervio óptico.

Tanto la retina como el nervio óptico (N.O) son estructuras derivadas del sistema nervioso central . Cuando se forman los ojos, quedarían dentro del encéfalo y es gracias al N.O (que es un tubo, una prolongación del encéfalo) que los ojos no quedan dentro.

Esta situada entre la coroides y el cuerpo vítreo. El epitelio pigmentado de la retina visual está fuertemente unido a la coroides a través de la membrana de Bruch.

La neuroretina solo está fijada al epitelio en la zona de la papila óptica y de la ora serrata.

El cuerpo vítreo es el que mantiene a la retina presionada contra la coroides. Cuando el cuerpo vítreo deja de presionar la retina contra la túnica media, la retina se arruga, produciéndose un Desprendimiento de Retina.

El grosor de la Retina Visual varía en función de la zona:

- Papila óptica: Zona muy delgada.
- Ora serrata: Zona mucho más delgada.
- Retina Central: Zona delgada

- Resto de la retina visual se llama retina periférica.

La retina visual a su vez está formada por dos grandes capas: la externa por el epitelio pigmentario, y la interna por la retina sensorial. (Imagen 17).

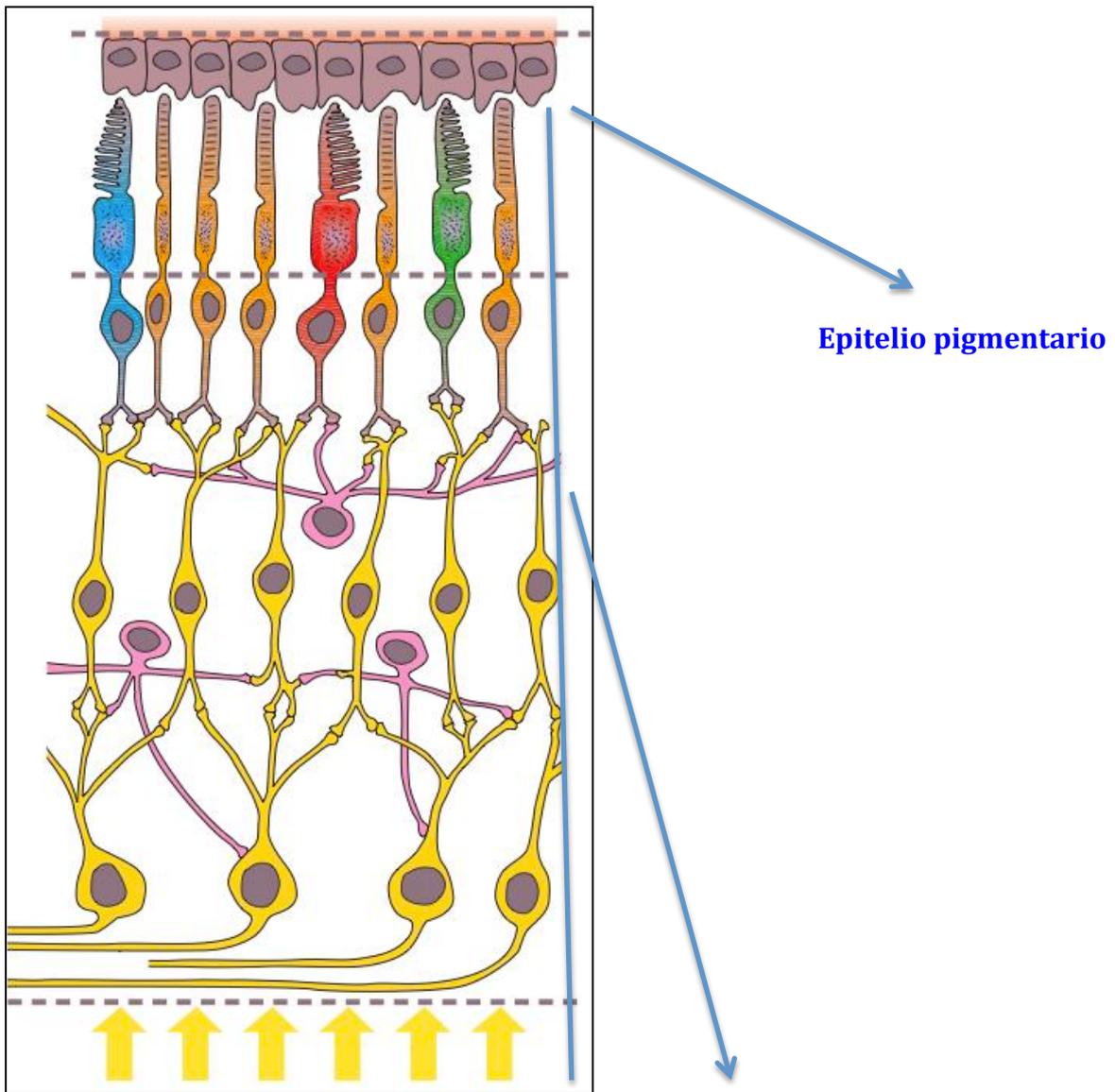


Imagen17: Esquema retinano.

Retina neurosensorial

Primera capa de la retina. Epitelio pigmentado de la retina

Es la capa más externa de la retina. Es una capa celular que se extiende desde la papila hasta la ora serrata continuándose con el epitelio pigmentado del cuerpo ciliar.

Es un epitelio monoestratificado en el que la forma de sus células varía según la zona, siendo prismáticas en la papila y oblicuas en la ora serrata. Las células tienen un polo basal y un polo apical.

Limita externamente con la coroides (M de Bruch) alimentándose y oxigenándose gracias a la coriocapilar (polo basal del EPR).

Limita internamente con los fotorreceptores (polo apical). En el polo apical contiene núcleos y orgánulos.

Sus funciones son:

- Participa en la formación de los pigmentos visuales de los fotorreceptores, aportando nutrientes, oxígeno y vitamina A.
- Crean una barrera selectiva entre la coroides y la retina neurosensorial, la llamada barrera hematorretiniana externa.
- Absorber el exceso de luz, y disminuir su dispersión dentro del ojo.

Segunda capa de la retina o Retina neurosensorial.

Va desde la papila óptica hasta la ora serrata. Desde el punto histológico, la retina neurosensorial está formada por 4 capas dispuestas perpendicularmente a la superficie del globo ocular. De la parte anterior a la posterior están dispuestas de la siguiente manera:

- Células Ganglionares
- Células Bipolares
- Células Fotorreceptoras
- Células Epitelales

Además de estas 4 células, está formada por células de asociación (neuronas) y células Gliales, principalmente células de Müller.

La retina visual se puede dividir en 10 capas:

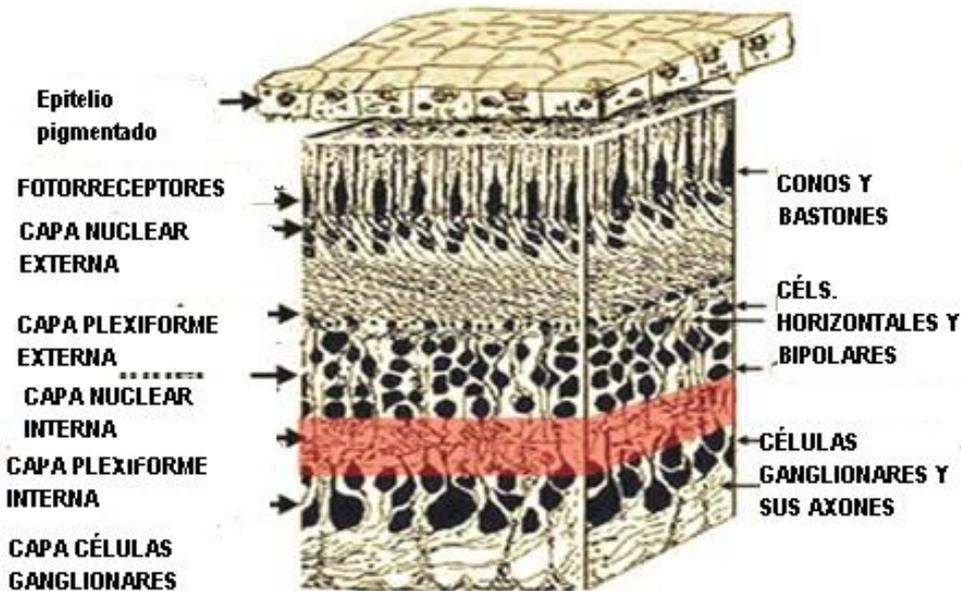


Imagen 18: Esquema de las capas retinianas.

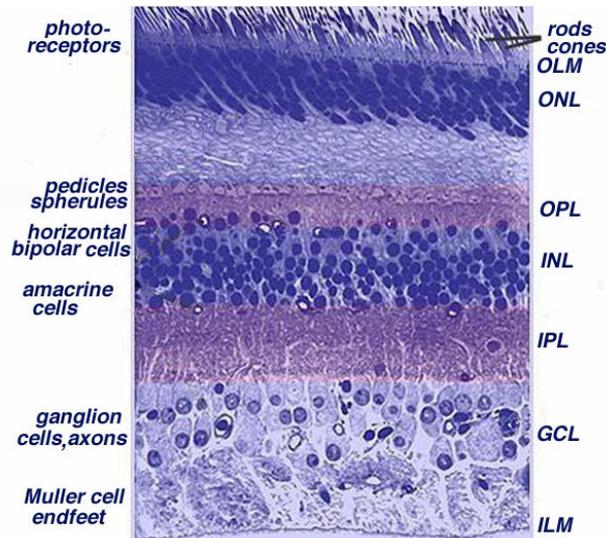


Fig. 3. Light micrograph of a vertical section through central human retina.

Imagen 19: Corte histológico retina.

La luz cuando entra por la córnea y llega a la retina, atraviesa todas sus capas y llega a los fotorreceptores. Éstos transforman la luz en un impulso nervioso, que se transmite hasta el cerebro. Por tanto quien recibe el impulso son los

fotoreceptores denominados neuronas 1. Las segundas en recibir el impulso son las bipolares, por eso llamadas neuronas 2, y las 3 son las neuronas ganglionares.

Células fotoreceptoras

Son los elementos fotosensibles de la retina. Captan la luz y la transforman en impulso nervioso. La luz puede ser captada por dos tipos de fotoreceptores, los conos y los bastones.

- Conos: actúan con intensidades de luz altas. Nos permiten ver colores y además permiten la discriminación de forma y detalles.
- Bastones: actúan con bajas intensidades de luz. Son los que permiten ver en blanco y negro. No permiten ver formas, detectan el movimiento y no dan color.

Tenemos entre 100-120 millones de bastones y entre 6 y 7 millones de conos. Según estas cifras tendríamos que ver más en blanco y negro, pero lo que pasa es que están todos los conos agrupados en la retina central.

Existen diferencias morfológicas entre conos y bastones.

Membrana limitante externa

No es una auténtica membrana y está formada por los extremos más externos de un tipo de células gliales denominadas células de Müller.

Capa granulosa externa

Está formada por los núcleos de los fotorreceptores.

Capa plexiforme externa

Está formada por las sinapsis entre las células bipolares y los fotorreceptores, y a su vez, de éstas con otras.

Capa granulosa interna

Constituida por los cuerpos celulares o núcleos de las células bipolares, las células de Müller y otras.

Capa plexiforme interna

Constituida por la sinapsis de las células bipolares con las ganglionares.

Capa de las células ganglionares

Constituida por los núcleos de dichas células ganglionares.

Capa fibras nerviosas

Formada por los axones de las células ganglionares, que son los que se dirigen hacia la papila para construir el nervio óptico.

Membrana limitante interna

Membrana basal muy unida a los procesos internos o pies de las células de Müller que está en íntimo contacto con el vítreo.

De este modo podemos resumir que la retina posee el epitelio pigmentado y la nueroretina con sus 9 capas, constituyendo así un total de 10 capas.

La retina puede dividirse a su vez en varias zonas, que presentan notables diferencias entre sí:

La **retina central** es la región especializada de 6mm de diámetro situada en el polo posterior, entre las arcadas vasculares temporales superior e inferior, donde predominan los conos sobre los bastones. La capa de células ganglionares es muy gruesa ya que sus núcleos se disponen en varias capas.

En el centro se encuentra la mácula lútea, de 1,4 mm de diámetro, de color amarillento (en el cadáver) por su riqueza en pigmento xantófilo.

A su vez, en el centro de la mácula existe un área deprimida y avascular de 0,35mm de diámetro, la llamada fovea (Imagen 20), donde sólo existen conos, sin bastones. Representa la zona de máxima discriminación visual.

Adyacente a la mácula se encuentra la papila óptica. Se trata de un área ovalada de unos 1,8mm de diámetro, situada nasalmente a 3mm de la fovea. Estructuralmente no se trata de retina ya que está constituida por los axones de las células

ganglionares en su salida del globo ocular, y por los grandes vasos centrales de la retina, arteria y vena.

En la papila no existen fotorreceptores y, por eso, su traducción en el campo visual recibe el nombre de mancha ciega.

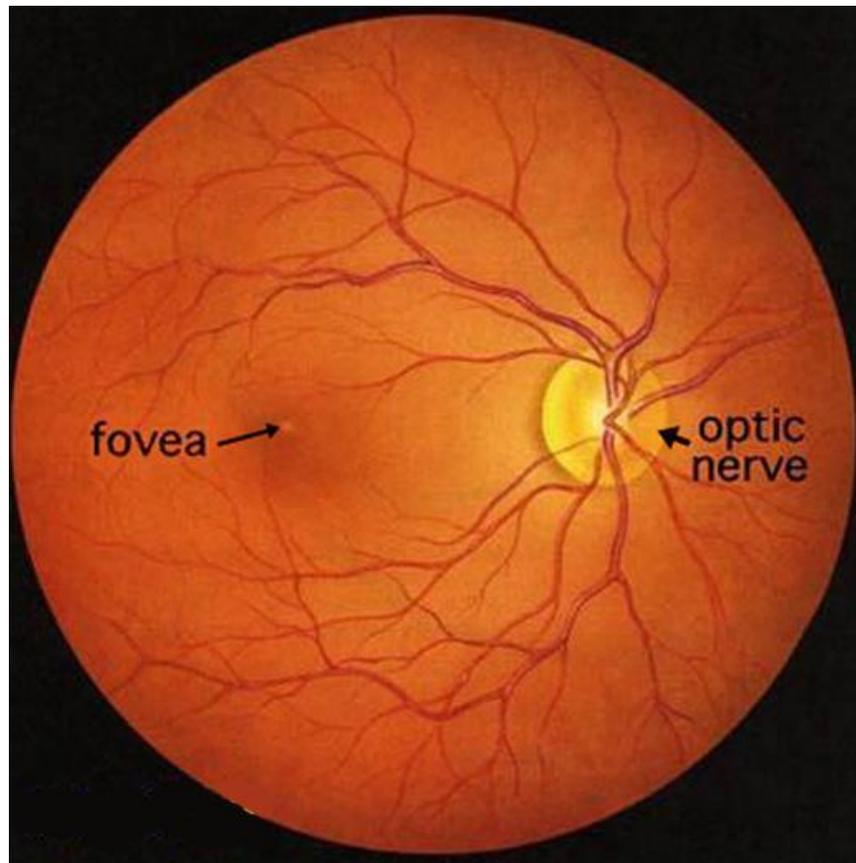


Imagen 20: Fondo de ojo dónde se diferencian papila óptica y fóvea.

La **retina periférica** está situada entre la retina central y la ora serrata; en esta área los fotorreceptores son principalmente bastones. La capa de células ganglionares, que aquí son más largas, es más fina, ya que sus núcleos se disponen en una sola capa.

La ora serrata es la terminación anterior de la retina sensorial, de unos 6-7mm del limbo, un poco por delante del ecuador del globo. Forma una franja festoneada y representa una zona de transición donde la retina sensorial se va transformando en dos capas de epitelio que forman parte del cuerpo ciliar.

Métodos

Los implantes retinianos son un gran avance para todas esas personas que presentan una deficiencia retiniana. Estos implantes están destinados a personas con enfermedades neurodegenerativas de la retina. Los tratamientos pueden ser dos, ejecutando un trasplante de las células de la retina o instalando una prótesis.

Según el estudio de Pinilla I, Cuenca N ²⁶, se han encontrado grandes avances en modelos animales, aunque aún están en fase de experimentación enfermedades como la amaurosis congénita de Leber, aunque la terapia génica no parece ser una opción en enfermos con pérdidas importantes de fotorreceptores o de células del epitelio pigmentario retiniano. También está en fase de experimentación el trasplante retiniano en patologías como la DMAE, que depende de muchos factores y de la retinosis pigmentaria en la que suelen estar implicados diferentes genes.

No obstante los científicos Brindley y Lewin ²⁷ fueron los primeros en desarrollar un implante en el que se generaban fosfenos. Éstos se dieron cuenta que no a todo el mundo le iba a funcionar, por lo que determinaron diferentes zonas de acceso para poder realizar la estimulación eléctrica.

En función de la zona que estuviera afectada presentaron diversas zonas dónde colocar el electrodo. Éste se podía colocar en la corteza visual, en la retina, en el nervio óptico y en el cuerpo geniculado lateral (CGL), teniendo cada una sus inconvenientes.

La accesibilidad tanto al CGL como a la corteza visual es muy complicada, por lo que presenta estos inconvenientes, aunque no obstante el implante en la corteza visual a proporcionado grandes avances, en cambio, el acceso a la retina es más fácil, aunque para poder aplicar este implante en la esta zona, la vía visual debe de estar intacta, solo se podría aplicar en casos de enfermedades retinianas como la DMAE o la Retinosis pigmentaria.

La realización de trasplantes a nivel cerebral dio un buen resultado, debido a que presentaron un crecimiento axonal con sinapsis y respuestas fisiológicas. Posteriormente a esto se pensó que si se hacía el trasplante a nivel subretiniano podía ser posible que se establecieran nuevas conexiones sinápticas que tuvieran capacidad funcional.

En el momento de llevar a cabo el trasplante retiniano hay dos maneras posibles, la primera es limitar la pérdida de fotorreceptores introduciendo células que

mantengan a estos primeros funcionales, y la segunda es reemplazar los fotorreceptores perdidos. Las dos posibilidades presentan una serie de problemas cómo son por ejemplo: elegir el tipo celular adecuado, el método de trasplante, el postoperatorio, la respuesta inmune, el modo de realización del trasplante, optimizar su eficacia, y la valoración del éxito postoperatorio.

La elección del tipo celular dependerá de la causa de la pérdida visual de los fotorreceptores. Si la enfermedad está producida por un defecto del EPR puede inyectarse este tipo celular u otro tipo que reúna unas características parecidas, como pueden ser las células pigmentarias del iris o del EPR logrando mejorar la supervivencia celular y consiguiendo su mantenimiento funcional, aunque se hayan tenido que inyectar factores de crecimiento para mejorar el ambiente celular. Los factores de crecimiento pueden ser distintos: unas se consiguieron trasplantando células secretoras de Schwann, otras mediante inyección intravítrea de células encapsuladas liberadoras de factores neurotróficos y otras trasplantando bastones, pues mejoran la supervivencia de los conos.

En cambio si el defecto de los fotorreceptores es primario se pueden introducir unas láminas retinianas que producen una gran reorganización sináptica debido a la muerte neuronal que se produce.

Una vez realizado el trasplante se ha comprobado que el funcionamiento de las células trasplantadas no está muy claro. Se ha sugerido que las células del epitelio pigmentario de la retina (EPR) y fotorreceptores que se han introducido ejercen la función de las células que están dañadas, ya que existen pocos trabajos que puedan identificar éstas células trasplantadas y menos que demuestren la capacidad de fagocitosis del EPR inyectado, aunque posiblemente mejoren la función de las células existentes.

Sobre los años 60 se empezó a mostrar un interés sobre los trasplantes retinianos, pero no fue hasta los 80 cuando se realizó el primer trasplante con animales, siendo a partir de la década de los 90 cuando se realizó el primer trasplante con éxito en los humanos, dándose así una gran seguridad al trasplante, aunque sin muchos resultados funcionales.

Esta falta de función puede ser debida a que los trasplantes se realizan en personas que presentan un estado avanzado de la degeneración retiniana, cuando los cambios en las neuronas secundarias y las conexiones sinápticas son muy difíciles

de llevar a cabo. Las nuevas líneas de investigación creen que los trasplantes retinianos mejorarían su resultado si modificaran químicamente la membrana de Bruch, para que las células de EPR pudieran unirse a ella mejorando las estrategias para reemplazar a los fotorreceptores.

Existen dos tipos de prótesis según la zona en la que se coloca, las epiretinianas (en contacto con las células ganglionares) y las subretinianas (entre las células bipolares y el EPR) (Imagen 21).

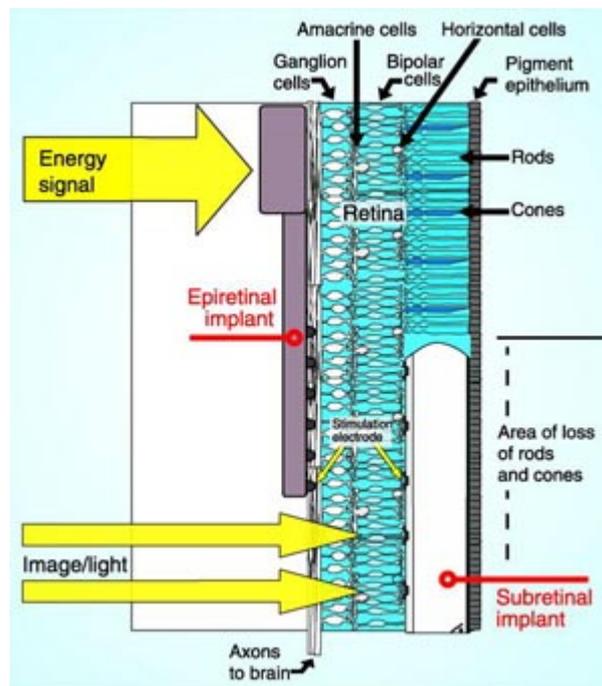


Imagen 21: Situación de los implantes retinianos.

Las primeras constan de tres componentes principales, el primero capta imágenes lumínicas utilizando una cámara, el segundo transforma estas imágenes en patrones de estimulación eléctrica y el tercero y último, se encuentra en la superficie interna de la retina y estimula las células que quedan en el interior de ella.

Actualmente se están desarrollando más, pero solo hay tres que estén en un proceso más desarrollado. Estos son el Argus I, que es un dispositivo que consta de una matriz de electrodos epiretinianos intraoculares fijados en la retina, y el componente extraocular, que constaba de una cámara colocada en unas gafas que se usaba para capturar imágenes pixeladas. Esta información se transformaba en

impulso nervioso gracias a un sistema telemétrico situado en el cráneo, y se enviaba a través de unos cables transescleral conectados a la matriz de los electrodos. Posteriormente se desarrolló el Argus II (Imagen 22), que presentaba mejoras en comparación con el Argus I cómo que estaba formado por 60 electrodos que eran controlables independientemente y que proporcionaban un buen resultado en ejercicios de movimiento y orientación en espacios conocidos. Un inconveniente es el campo visual, se ha estudiado que el campo visual depende del tamaño de la prótesis que se aplique. Actualmente están intentado resolver estos problemas, intentando crear una placa de electrodos menor, que proporcione un buen campo visual y no se limite al tamaño que tenga la placa.

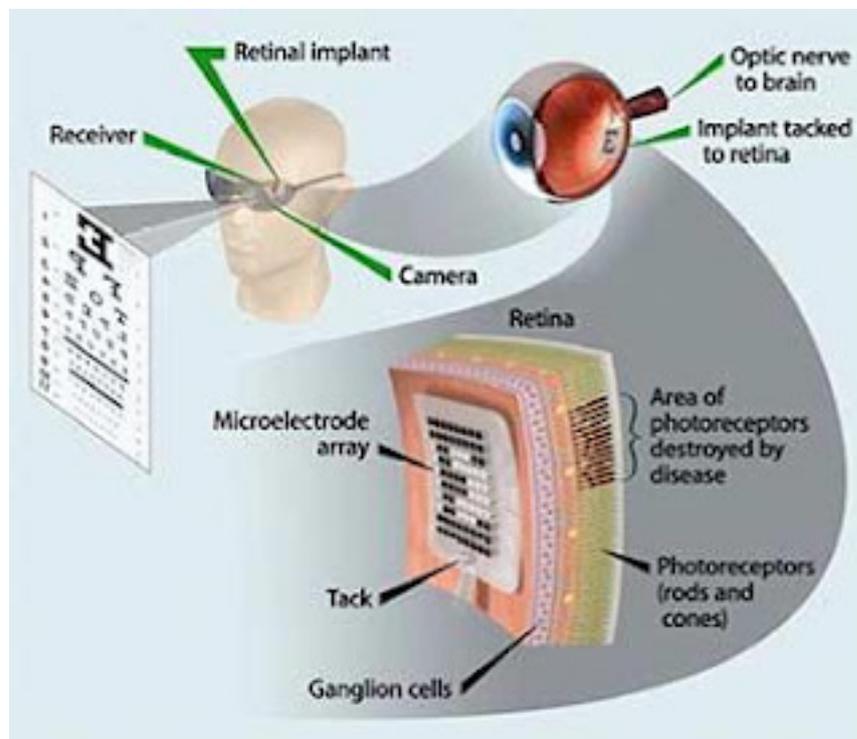


Imagen 22. Argus II.

La segunda prótesis llamada Learning Retinal Implant desarrollada por Intelligent Medical Implants AG. El sistema consta de una parte extraocular y otra intraocular. La extraocular está formada por un codificador extraretiano que está situado en la montura de unas gafas. El codificador simula las propiedades del campo receptivo de las células ganglionares de la retina. Los datos que obtiene el codificador se transmiten inalámbricamente al simulador implantado en la superficie de la retina.

La principal característica es que el codificador puede utilizarse ajustándose en función de las necesidades del paciente.

Por último se creó el Epi-ret3, formado también por una parte intracocular y otra extraocular, como el caso de la segunda prótesis mencionada anteriormente. La diferencia del epi-ret3 es que todos sus componentes son intraoculares, por lo que no hay ningún cable atravesando la esclera (Imagen 23).

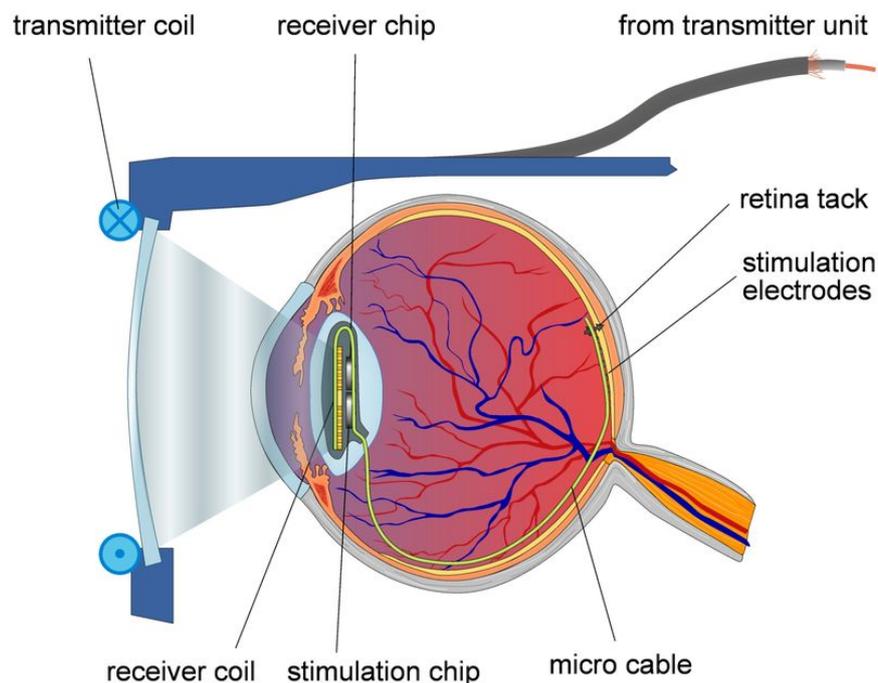


Imagen 23. Epi-ret 3.

Los implantes subretinianos por su parte se colocan entre las capas de las células bipolares y el EPR. El acceso a estas capas puede ser directa (a través del vítreo) o externa (a través de la esclera). Se han desarrollado dos grandes prótesis subretinianas la Silicon Artificial Retina (ASR) desarrollada por Optobionics Corporation ²⁸ y Retinal Implant (AG). El primero mide 2mm de diámetro y 2,5 de grosor y es un dispositivo optobionico, lo que quiere decir que la energía requerida por la prótesis retiniana proviene de la luz incidente y está formado por una placa de 5000 microfotodiodos.. El potencial eléctrico fue diseñado para estimular la vibración de las neuronas de la retina, y de esta manera activar las células que

forman las imágenes visuales. Se comprobó posteriormente que a parte de proporcionar mejoras en la visión también se estimularon zonas de la retina alejadas de la prótesis ²⁹. Aunque el problema que se encontró es que el dispositivo optobiónico no proporcionaba suficiente energía como para estimular el resto de las neuronas de la retina.

El AG en cambio estaba compuesto también por una placa de 7000 microfotodiodos, pero estos no proporcionaban suficiente energía, por lo que se desarrolló un dispositivo visual que constaba de tres partes: una subretiniana, una extraocular y una subcutánea. ³⁰

La parte subretiniana consta de una matriz de 1550 diodos y electrodos que yace en la zona parafóveal de la retina. La porción extraocular consta de una tira conductora con 22 canales conectando la parte externa con la interna. Por último la parte subcutánea consta de un cable de silicona que se comunica con el espacio retroauricular y acaba en un conector. Esto proporcionaba la localización de objetos y las letras.

El proyecto Boston junto a Rizzo y Wyatt ³¹ desarrollaron una prótesis epiretinal, pero debido a la falta de resultados, desestimaron esta línea de investigación y empezaron con las subretinianas. El implante subretiniano que están desarrollando es miniaturizado, cerrado herméticamente y funciona inalámbricamente. La matriz se implanta en la zona subretinal utilizando una técnica quirúrgica que coloca el grueso de la prótesis en la superficie de la esclerótica. El dispositivo colocado consta de un chip estimulador y de componentes que generan energía.

El principal inconveniente de las prótesis subretinianas es que el espacio subretinal es muy pequeño, por lo que limita el ancho del dispositivo, y debido a la cercanía del dispositivo a las neuronas, éstas pueden ser dañadas debido a la temperatura que propaga el dispositivo.

Otra alternativa es la inyección de células madre pluripotenciales. Esta técnica presenta grandes ventajas ya que éstas presentan gran capacidad de ayuda a la permanencia celular, así como para reemplazar los fotorreceptores que están dañados. Recientemente se han utilizado células madre extraídas de la médula

ósea, que se han introducido en el vítreo pudiéndose diferenciar e integrarse en los circuitos retinianos.

Estas técnicas han dado grandes esperanzas sobre los trasplantes retinianos, aunque aún es necesario seguir investigando y tener en cuenta otras opciones terapéuticas como la utilización de neurotrofinas, de células madre o de los sistemas protésicos visuales para poder solventar los diferentes problemas visuales con que nos encontramos.

Implantes corticales o cerebrales

Según los últimos estudios, los implantes cerebrales están dando muy buen resultado en personas que padecían baja visión o eran ciegas por completo. Estos implantes les ha hecho poder mejorar su movilidad en espacios conocidos, ya que anteriormente la tenían reducida o presentaban dificultades para lograrla.

Muchas enfermedades, como la retinosis pigmentarias y la degeneración macular asociada a la edad, proporcionan cegueras intratables, por lo que actualmente muchos laboratorios están trabajando en el desarrollo de nuevas técnicas. Sin olvidar que para poder realizar las aplicaciones de estos implantes y avanzar en su investigación, es necesario conocer bien:

- Las causas de la ceguera.
- Como se organizan las vías visuales de forma sistemática.
- Experiencia con otros avances tecnológicos parecidos (marcapasos, prótesis auditivas...).
- Plasticidad del sistema nervioso en general y del sistema visual.

Según Chow ²⁸, actualmente están desarrollando nuevas prótesis visuales para interaccionar con las porciones no dañadas de la retina y del nervio óptico.

Los resultados de estos implantes son muy esperanzadores, aunque a día de hoy solamente se han implantado pocos electrodos, en un plazo mayor de tiempo se cree que se pueda llevar a cabo estas técnicas con un número mayor de electrodos.

Estos implantes pueden no servir a todo el mundo, dependiendo básicamente de la parte de la retina o el nervio óptico esté afectada. Se ha reflejado cómo este tipo

de prótesis no permiten el tratamiento de cegueras cuya patología afecte a las células ganglionares de la retina, nervio óptico o las vías visuales extraoculares.

Actualmente, se estudia la implantación de microelectrodos en la parte occipital, por ser la parte del cerebro que se encarga de procesar la información visual.

Se sabe que la estimulación eléctrica de la corteza occipital desencadena una percepción subjetiva de destellos de luz, denominados técnicamente fosfenos.

Los primeros estudios sobre la estimulación eléctrica del córtex visual se publicaron en 1918 por Lowenstein y Brochart, pero no fue hasta el 1950 cuando se confirmaron estos estudios a través del neurocirujano canadiense Wilder Penfield.

Posteriormente Brindley y Lewin de Cambridge y el grupo Dobbelle de Utah University ³², hicieron observaciones prolongadas sobre estos fosfenos y los estímulos eléctricos que los desencadenaban, sentando las bases para una neuroprótesis visual a nivel cortical. La primera prueba la realizaron con una voluntaria, a la que le implantaron 80 electrodos en la corteza visual y un casco con 80 transmisores orientados cada uno hacia un electrodo, de esta manera se observó que los fosfenos creados desencadenaban movimientos oculares.

Fue gracias al grupo a este grupo que publicaron varios artículos en los que plasman como personas que habían permanecido ciegas durante largos periodos de su vida, a través de la neuroprótesis habían podido leer caracteres en Braille mucho más rápido que lo hacían a través del tacto.

El Dr. Dobbelle ³² presentó una neuroprótesis visual basada en la estimulación cortical mediante electrodos superficiales, aunque fue entonces cuando se puso de manifiesto que este tipo de neuroprótesis tenían solo una utilidad limitada, debido a la gran cantidad de corriente necesaria para producir fosfenos, interacciones entre electrodos adyacentes, pero con la producción ocasional de episodios dolorosos debidos probablemente a una irritación meníngea, y al peligro de desencadenar crisis epilépticas. En 1972 Donaldson ³³, desarrolla un dispositivo con el mismo número de electrodos pero con una cantidad menor de transmisores, lo que supuso un inconveniente, ya que cada transmisor tenía orientado más de un electrodo, desencadenando un fosfeno de menor intensidad.

Según Maynard ³⁴ y Normann ³⁵, una actuación más eficaz, que permita la activación de neuronas con mayor grado de especificidad espacial y menores

niveles de corriente, es la utilización de electrodos intracorticales, decantándose todos los estudios por un sistema de electrodos múltiples, insertados en lugares apropiados del sistema visual, pues de esta manera se producen percepciones subjetivas de fosfenos que podrían ser utilizados para proporcionar una visión limitada, pero útil, para personas ciegas., así que sería suficiente mostrar una visión específica, a realizar sin tener un campo visual completo, por ejemplo concretamente para leer, pero para que esta prótesis sea capaz de interactuar de una forma correcta con el tejido nervioso, el sistema debe ser capaz de:

- Registrar el mismo tipo de información que normalmente utiliza el sistema. En este caso información visual.
- Procesar esta información de la manera más fisiológica posible.
- Transmitir y comunicar esta información, una vez procesada, a los sitios adecuados dentro del sistema nervioso.

Además, debe ser optimizada para el tratamiento de una determinada patología o para la recuperación de una determinada función, tener un tamaño bastante pequeño, y ser compacto, biocompatible y adaptable a cada paciente. También tiene que tener autonomía, es decir, debe poseer unas baterías suficientes como para poder desencadenar la función durante un período de tiempo largo.

Por ello, el campo visual situado en frente del sujeto será codificado por una retina artificial situada en unas gafas convencionales, a continuación las señales procedentes de la retina artificial serán procesadas externamente, y transformará en impulsos eléctricos optimizados para estimular las neuronas de la corteza visual primaria, a través de una matriz de microelectrodos intracorticales.

La comunicación entre la retina artificial y los microelectrodos intracorticales, se desarrollará de manera inalámbrica.

Según un estudio llevado a cabo por Branner y Fernández ³⁶ *entre otros* avalan que los implantes que se están utilizando actualmente son seguros, biocompatibles y estables.

Hay que remarcar que antes de todo esto, es necesario conocer como se transmite la información de la retina a la corteza visual para poder entender de qué manera se está haciendo por medio de este implante. También es esencial que la corteza visual a la que se le quiere estimular sea capaz de procesar información visual.

Según los estudios llevados a cabo por Fernández ³⁷, se ha demostrado que los pacientes que tienen un resto visual, o han padecido ceguera tardía, presentan mayor facilidad de poderse adaptar a este implante.

Sería importante desarrollar un protocolo y desarrollar nuevas tecnologías para poder detectar los pacientes que son buenos candidatos para poder llevar el implante con un tanto por ciento elevado de satisfacción.

Gracias a los nuevos avances tecnológicos se esta avanzando mucho en la implantación de estas neuroprotesis, cosa que nos permite pensar que en un futuro no muy lejano sean una buena opción terapéutica, pero como deben ser implantadas por muchos médicos, puede surgir el problema que muchos de ellos no quieran utilizarlas, debido al alto coste que supone su implantación y por temor a los riesgos que actualmente existen.

Trasplante de células adiposas mesenquimales

Como hemos comentado anteriormente los trasplantes de células del epitelio pigmentario y de fotorreceptores pueden ofrecer la posibilidad de recuperar la visión o mejorar la capacidad funcional de los fotorreceptores dañados.

En esta línea de investigación se han utilizado diferentes tipos de celulares pluripotenciales o células progenitoras. Las principales características de éstas son su capacidad para poderse dividir indefinidamente y la posibilidad de diferenciarse en varias líneas celulares.

Este tipo de células presenta el problema de cómo ha de obtenerse un número de células aptas para el trasplante, y que, además, puedan sobrevivir el tiempo necesario para restaurar esa función.

Para solucionar este problema según el estudio llevado a cabo por Marcos S, Jaén A³⁸, las células que pueden solventar estas carencias son las que se encuentran en el tejido adiposo, que ofrecen ventajas su bajo poder antigénico, la posibilidad de obtener grandes volúmenes de tejido y de células sin necesidad de que sean cultivadas.

El objetivo de este estudio consistía en comprobar que estas células son capaces de diferenciarse espontáneamente in vivo en células de la retina, valorando si son útiles para regenerar los fotorreceptores dañados en un modelo animal que asemeja la retinosis pigmentaria de los humanos.

Se siguió todo el protocolo marcado, seleccionando los ratones, los medicamentos y anestésicos necesarios. Se valoraron dos vías de administración celular, la intravítrea y la subretiniana. En ambos casos solamente fueron inyectados el ojo izquierdo de cada ratón, mientras que el derecho se utilizó como control.

Los resultados del estudio nos muestran cómo las células trasplantadas en el espacio subretiniano de retinas distróficas son capaces de migrar por las distintas capas de la retina, y en las retinas de los animales que fueron trasplantados intravítreamente. En ambos casos, las retinas de los ojos control no mostraron ninguna modificación.

En cuanto a la expresión en cuerpos embrionarios de marcadores tempranos y tardíos de retinogénesis y fotorreceptores se obtuvo que, los marcadores concuerdan con los que expresan las células progenitoras de retina, y ponen de manifiesto que estos genes también aparecen en cuerpos embrionarios de diferenciación espontánea.

Este estudio demuestra que los marcadores estudiados, o la combinación de ellos pueden servir para la selección o inducción de líneas celulares capaces de ser utilizadas para el trasplante y consiguiente recuperación funcional de la retina degenerada.

En conclusión, estos implantes o trasplantes aún están en desarrollo debido a que todo depende de la edad del paciente y del estadio en que se encuentre la enfermedad, por lo que clínicamente de momento no se pueden aplicar.

6. Conclusiones

Los avances tecnológicos que ha habido con las herramientas que se utilizan para la BV son infinitos.

Hemos comprobado como los avances actuales se encuentran en un momento muy delicado ya que presentan algunas dificultades.

Muchos aún no están aprobados, esto implica que aún estén siendo estudiados.

Si queremos que en un futuro sean una opción terapéutica deberemos simplificar su aplicación, y facilitar la accesibilidad a todas las personas. Es muy complicado actualmente debido al momento en el que nos encontramos, pero creo que cuánto más personas puedan disponer de estas ayudas, más fácil sería que fueran conocidas, aunque el primer paso sería conseguir su aprobación para poder ser aplicadas.

Por último comentar que actualmente están investigando con el trasplante de células mesenquimales con un muy buen resultado, pero si se probará con células madre daría el mismo resultado o mejor. Es una línea de investigación que está abierta, por lo que si se llega a solucionar este enigma, seguramente acabemos en un tiempo con muchas enfermedades oculares igual que se ha acabado con otras muchas.

7. Bibliografía

1. Organization WH. *OMS.pdf*. :2-4.
2. Españoles ON de C. Requisitos para la afiliación a la ONCE — Web de la ONCE. 2012. Available at: <http://www.once.es/new/afiliacion/requisitos>. Accessed June 4, 2012.
3. DS AB-AE. Baja Visión Angel Barañano - Ayudas Baja Visión. Available at: <http://www.baja-vision.org/patologias.htm>. Accessed May 28, 2012.
4. Barquet LA. Epidemiología , etiopatogenia y factores de riesgo de la DMAE. 1988;(308):308-310.
5. MENÉNDEZ DE LUCAS JA1 MLR. CUESTIONES MÉDICO-LEGALES SOBRE LOS MEDICAL AND LEGAL ISSUES RELATED TO THE DRUGS CURRENTLY USED IN THE TREATMENT OF AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION (ARMD). *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*. 2006:359-362.
6. López-portillo AM, Hamscho JM. Artículo original Tratamiento del edema macular diabético clínicamente significativo con láser Nd:Yag subumbral de doble frecuencia. 2008;10(41):190-199.
7. Retinopatías amires asociación de miopia magna con. amires asociación de miopia magna con retinopatías, AMIRES. Available at: http://www.miopiamagna.org/?page_id=25. Accessed May 31, 2012.
8. P. Wilson R. trabeculectomía. *Glaucoma Service Foundation to Prevent Blindness*. 2010. Available at: <http://www.willsglaucoma.org/spanish/trabstxs.htm>. Accessed May 31, 2012.
9. Glaucoma C, Corneas W, Baby INAN. ANIRIDIA , GLAUCOMA CONGÉNITO , CÓRNEAS OPACAS EN RECIÉN NACIDO ANIRIDIA , CONGENITAL GLAUCOMA AND WHITE CORNEAS IN A NEWBORN BABY. 2009;11(1):573-575.
10. ABREU REYES J; AGUILAR ESTÉVEZ J; ARTEAGA HERNÁNDEZ V; GONZÁLEZ DE LA ROSA M; MARTÍN BARRERA F; RODRÍGUEZ MARTÍN J. Transplante de limbo en patología de la superficie ocular. 2003. Available at: <http://www.oftalmo.com/sco/revista-14/14sco12.htm>. Accessed May 28, 2012.
11. Españoles ON de C. Datos a 31 de diciembre de 2011. 2011.
12. Organization WH. OMS | Ceguera y discapacidad visual. 2011. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>. Accessed May 29, 2012.
13. J, JIMÉNEZ-BENITO, OLEA-CASCÓN J, GORDON-BOLAÑOS C, GARCÍA-BEN E, GAJATE-PANIAGUA N A-VL. Epidemiología mundial de la ceguera y de la baja

visión, causas y estrategias para su erradicación. *82 Congreso de la Sociedad Española de Oftalmología*. 2006.

14. Anon. historia de la óptica. Available at:
<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/historia/Historia.htm>. Accessed June 1, 2012.

15. Valdés BD de, Márquez M. *Uso de los anteojos*. 1923. Available at:
<http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=qiemIsSQVYsC&pgis=1>. Accessed June 1, 2012.

16. Galilei G, Helden AV. *Sidereus Nuncius, Or, The Sidereal Messenger*. 1989. Available at:
<http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=jGNz4X1UmkUC&pgis=1>. Accessed June 4, 2012.

17. Kepler J, Galilei G, Pena J. *Ioannis Kepleri ... Dioptrice seu Demonstratio eorum quae visui & visibilibus propter conspilla non ita pridem inventa accidunt: Praemissae Epistolae Galilaei de iis, quae post editionem Nuncii siderii ope Perspicilli, nova & admiranda in coelo deprehen*. 1611. Available at:
<http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=yUC-ggD-uGsC&pgis=1>. Accessed June 12, 2012.

18. Hooke R. *Micrographia, Or, Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses, with Observations and Inquiries Thereupon: By Robert Hooke ; with a Preface by R.T. Gunther*. 2003. Available at:
http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=0DYXk_9XX38C&pgis=1. Accessed June 7, 2012.

19. Margarita Prunera R. Informes y documentos Prescripción de filtros (*). *Prescripción de filtros*. 1991.

20. Watson GR. Low Vision in the Geriatric Population: Rehabilitation and Management. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2001;49(3):317-330. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1532-5415.2001.4930317.x>. Accessed June 4, 2012.

21. Cano JJC. Análisis. 2001.

22. Codefactory. Mobile Speak. Available at:
<http://www.codefactory.es/en/products.asp?id=316>. Accessed June 5, 2012.

23. Corporation V. VisionCare Corporate: Our Technology. Available at:
<http://www.visioncareinc.net/technology>. Accessed May 28, 2012.

24. Eli Peli IL and GD. Implantable Miniaturized Telescope (IMT) for Low-Vision. *The Schepens Eye Research Institute, Harvard Medical School, Boston MA, USA*. Available at:

- <http://www.eri.harvard.edu/faculty/peli/papers/vision99/IOTLmain.html>. Accessed June 7, 2012.
25. Nacional E. Implante de paneles solares podría devolver la visión a invidentes. 2012. Available at: <http://www.el-nacional.com/noticia/35054/22/Implante-de-paneles-solares-podria-devolver-la-vision-a-invidentes.html>. Accessed June 6, 2012.
26. Pinilla I CN. TRASPLANTES RETINIANOS : ESTADO ACTUAL Y SUS PROBLEMAS EN LA APLICACIÓN CLÍNICA UPDATE ON RETINAL TRANSPLANTATION AND ITS CLINICAL LIMITATIONS. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*. 2006;81:239-240.
27. Brindley GS, Lewin WS. The sensations produced by electrical stimulation of the visual cortex. *J. Physiol*. 1968;196(2):479-493. Available at: <http://jp.physoc.org/cgi/content/abstract/196/2/479>. Accessed June 7, 2012.
28. Chow AY, Pardue MT, Chow VY, et al. Implantation of silicon chip microphotodiode arrays into the cat subretinal space. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2001;9(1):86-95. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11482368>. Accessed April 24, 2012.
29. Chow AY, Chow VY, Packo KH, et al. The artificial silicon retina microchip for the treatment of vision loss from retinitis pigmentosa. *Archives of ophthalmology*. 2004;122(4):460-9. Available at: <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?volume=122&issue=4&page=460>. Accessed June 10, 2012.
30. Zrenner E, Stett A, Weiss S, et al. Can subretinal microphotodiodes successfully replace degenerated photoreceptors? *Vision Research*. 1999;39(15):2555-2567. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00312-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00312-5). Accessed April 24, 2012.
31. Rizzo JF. Methods and Perceptual Thresholds for Short-Term Electrical Stimulation of Human Retina with Microelectrode Arrays. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2003;44(12):5355-5361. Available at: <http://www.iovs.org/cgi/content/abstract/44/12/5355>. Accessed May 20, 2012.
32. Dobbins WH. Artificial vision for the blind by connecting a television camera to the visual cortex. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)*. 46(1):3-9. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10667705>. Accessed June 4, 2012.
33. Brindley GS, Donaldson PE, Falconer MA, Rushton DN. The extent of the region of occipital cortex that when stimulated gives phosphenes fixed in the visual field. *The Journal of physiology*. 1972;225(2):57P-58P. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5074414>. Accessed June 7, 2012.

34. Maynard EM. Visual prostheses. *Annual review of biomedical engineering*. 2001;3:145-68. Available at: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.bioeng.3.1.145>. Accessed June 7, 2012.
35. Normann RA, Maynard EM, Rousche PJ, Warren DJ. A neural interface for a cortical vision prosthesis. *Vision Research*. 1999;39(15):2577-2587. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00040-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00040-1). Accessed June 7, 2012.
36. BRANNER A., STEIN R. B., FERNANDEZ E., AOYAGI y NR. A. Long-term stimulation and recording with a penetrating microelectrode array in cat sciatic nerve. 2004. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1254004&url=http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1254004. Accessed June 7, 2012.
37. Fernandez E, Alfaro A, Tormos J., et al. Mapping of the human visual cortex using image-guided transcranial magnetic stimulation. *Brain Research Protocols*. 2002;10(2):115-124. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S1385-299X\(02\)00189-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1385-299X(02)00189-7). Accessed June 7, 2012.
38. Marcos S, Jaén A, González D, et al. Transdiferenciación de células mesenquimales del tejido adiposo : hacia una terapia celular para enfermedades degenerativas de la retina Transdifferentiation of mesenchymal stem cells from adipose tissue : Through a cellular therapy for degenerative retina. 2008;19:183-190.