

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGIA II

BELEN DIEZ-FEIJÓO ARIAS

*"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE
LA ACOMODACIÓN EN UNA POBLACIÓN
SIN PATOLOGÍA OFTALMOLÓGICA"*

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGIA II

BELEN DIEZ-FEIJÓO ARIAS

***"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE
LA ACOMODACIÓN EN UNA POBLACIÓN
SIN PATOLOGÍA OFTALMOLÓGICA"***

DIRIGIDA POR: DR. D. JULIAN GARCIA SANCHEZ
Catedrático de Oftalmología de la Facultad de Medicina
Universidad Complutense de Madrid
- MADRID 1993 -



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
OFTALMOLOGICAS
«RAMON CASTROVIEJO»

JULIAN GARCIA SANCHEZ, Catedrático de Oftalmología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid;

C E R T I F I C A : Que Dña. Belen Diez-Feijóo Arias ha realizado bajo su dirección los trabajos de investigación correspondientes a su Tesis Doctoral titulada: "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ACOMODACION EN UNA POBLACION SIN PATOLOGIA OFTALMOLOGICA", que ha terminado con el mayor aprovechamiento.

Revisado el presente trabajo, queda conforme con su presentación para ser juzgado.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo el presente certificado en Madrid a veintiocho de mayo de Mil novecientos noventa y tres.

Prof. J. García Sánchez



HOSPITAL CLINICO DE SAN CARLOS
FACULTAD DE MEDICINA - UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO
DE CIRUGIA II
PROFRA. M.ª ROSA VILAS DIAZ

CIUDAD UNIVERSITARIA
28003 MADRID
(91) 543 18 72

MARIA ROSA VILAS DIAZ, Profesora Titular de Otorrinolaringología y Directora del Departamento de Cirugía II (Especialidades Quirúrgicas) de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid,

C E R T I F I C A: *Que la Tesis Doctoral presentada por Dña. BELEN DIEZ-FEIJOO ARIAS, titulada "Estudio del comoportamiento de la acomodación en una población sin patología oftalmológica", ha sido realizada bajo la dirección del Profesor D. Julian García Sánchez, Catedrático de Oftalmología del Departamento de Cirugía II que dirijo, y revisado su contenido, quedo conforme con su presentación para ser juzgada.*

Para que conste, expido el presente certificado en Madrid, a veintiocho de mayo de mil novecientos noventa y tres.

Fdo. Prof^a. M^a Rosa Vilas Diaz

***A Victorino,
y a mis hijos***

Agradecimientos.

Al Prof. García Sánchez, a quien debo especial agradecimiento, por la oportunidad que me brindó para trabajar bajo su dirección y tutela, así como por su constante estímulo y apoyo para la realización de esta Tesis.

Al Dr. Díez Feijóo, mi padre, quien me transmitió su amor por la Oftalmología y que con su gran entusiasmo me animó a la conclusión de este trabajo.

Asimismo, quiero expresar mi gratitud al Prof. Ramírez Sebastián y al Prof. Triviño Casado, por su ejemplaridad en el trabajo, y sus constantes muestras de amistad.

Un especial reconocimiento a D. J.J. Salazar por su inestimable ayuda en la transcripción de este trabajo; a D. Manuel Quintanilla por su colaboración en el estudio estadístico; así como a todos mis compañeros del Instituto de Investigaciones Oftalmológicas Ramón Castroviejo, por su voluntaria y desinteresada colaboración.

INDICE DE MATERIAS.

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- CONCEPTO DE ACOMODACIÓN	1
1.2.- FENOMENOS ASOCIADOS CON LA ACOMODACIÓN	4
1.3.- REVISION HISTORICA DE LAS TEORIAS DE LA ACOMODACION	6
1.4.- ESTRUCTURAS OCULARES IMPLICADAS EN EL FENÓMENO DE LA ACOMODACIÓN	13
1.4.1.- EL CRISTALINO	13
A) <i>Embriología.</i>	13
B) <i>Desarrollo del cristalino.</i>	14
C) <i>Anatomía.</i>	15
D) <i>Propiedades refractivas del cristalino.</i>	18
E) <i>Fisiología y Bioquímica.</i>	18
F) <i>Histología.</i>	22
1.4.2.- LA ZONULA.	29
A) <i>Embriología.</i>	29
B) <i>Anatomía.</i>	30
C) <i>Histología.</i>	34
1.4.3.- EL MUSCULO CILIAR.	35
A) <i>Embriología.</i>	35
B) <i>Anatomía.</i>	35
C) <i>Histología.</i>	38
D) <i>Vascularización.</i>	39
E) <i>Inervación.</i>	41
1.5.- FISIOLOGIA DE LOS MECANISMOS DE ACOMODACION:	44
1.5.1.- CAMBIOS QUE SE PRODUCEN EN EL OJO DURANTE LA ACOMODACION.	44
A) <i>Contracción pupilar.</i>	44
B) <i>Avance del borde pupilar.</i>	45
C) <i>Manifestaciones observadas en el cristalino.</i>	45
1.5.2.- MECANISMO DE LA ACOMODACION.	47
1.6.- PAPEL DEL VÍTREO EN LA ACOMODACION.	62
1.7.- MÉTODO DE ESTUDIO DE LA ACOMODACIÓN: AMPLITUD DE ACOMODACIÓN.	65
1.7.1.- DEFINICIÓN.	65

1.7.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AMPLITUD DE ACOMODACION.	72
A) <i>Características del estímulo.</i>	72
* La iluminación.	72
* El contraste.	73
* El tamaño del objeto.	74
B) <i>Distancia del objeto.</i>	75
C) <i>Agudeza visual.</i>	77
D) <i>Tamaño pupilar.</i>	77
E) <i>Fatiga visual.</i>	79
F) <i>Componentes subjetivos.</i>	79
G) <i>Métodos y aparatos de medición de la A.A..</i>	80
H) <i>Edad / A.A..</i>	89
I) <i>Error de refracción / A.A.</i>	101
1.8.- PRESBICIA.	103
1.8.1.- CONCEPTO.	103
1.8.2.- HISTORIA NATURAL DE LA PRESBICIA. . .	103
1.8.3.- FISIOPATOLOGIA DE LA PRESBICIA. . . .	104
1.8.4.- CLINICA.	109
1.8.5.- FACTORES DE RIESGO EN LA PRESBICIA. .	111
1.8.6.- TRATAMIENTO DE LA PRESBICIA: CORRECCIÓN.	113
2.- JUSTIFICACION.	115
3.- MATERIAL Y METODOS	117
3.1.- SELECCIÓN Y GRUPO DE PACIENTES.	117
3.2.- MÉTODO	118
3.3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO	125
3.3.1.- Codificación de los datos.	125
3.3.2.- Test Estadísticos.	127
3.3.3.- Material empleado.	127
4. RESULTADOS.	128
4.1.- ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA. . .	128
4.1.1.- ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA.	128
4.1.2.- EDAD.	129
4.1.3.- SEXO.	133
4.1.4.- CORRECCIÓN.	136

4.1.5.- UNIDAD DE ACOMODACIÓN.	138
4.2.- PUNTO PRÓXIMO DE ACOMODACIÓN.	140
4.3.- AMPLITUD DE ACOMODACIÓN.	145
4.3.1.- A.A. / EDAD.	145
A) A.A. de acomodación obtenida directamente a través del p.p.	145
B) A.A. teniendo en cuenta la unidad acomodativa (U.A.)	146
4.3.2.- A.A. / GRUPO DE EDAD	155
A) A.A. y A.A. (U.A.) frente al grupo de edad.	155
B) A.A. y A.A. (U.A.) frente al grupo refractivo (miopes, hipermétropes y emétropes)	155
4.3.3.- A.A. FRENTE A O.D. - O.I.	159
4.3.4.- A.A. CON RESPECTO AL SEXO.	161
4.3.5.- A.A. EN RELACIÓN EN RELACIÓN A LA PRESBICIA.	163
5. DISCUSION.	178
5.1.- DISCUSION DEL MATERIAL.	178
5.2.- DISCUSION DEL MÉTODO.	180
5.3.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS.	185
6.- CONCLUSIONES.	195
7.- BIBLIOGRAFIA.	197

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- CONCEPTO DE ACOMODACIÓN

La acomodación ha sido definida por DONDERS (1864), como la propiedad que tiene el ojo de añadirse a sí mismo una lente convergente. El poder de esta lente añadida, aumenta con la proximidad al objeto enfocado, y disminuye a medida que dicho objeto se aleja, hasta el punto que la lente supletoria llega a ser igual a cero. La acomodación es totalmente innecesaria, si se trata del ojo emétrepe, en la mirada al infinito, distancia para la cuál el ojo sin esfuerzo alguno, se halla naturalmente enfocado (MÁRQUEZ, 1934,1981).

Al variar el enfoque de un objeto a otro situados a diferentes distancias, se tiene la sensación de que el ojo se modifica. Este cambio ocular, se debe a la acomodación, que se contrae o relaja y con ello modifica el enfoque óptico del ojo (FUCHS, 1958).

Según PASCAL (1952), la acomodación es la capacidad para aumentar el poder refractivo del ojo por encima de su poder estático. Este aumento se mide en dioptrías.

MADDOCK y MILLODOT (1981), definen la acomodación como la capacidad del ojo de variar su poder refractivo para

obtener una imagen enfocada en la retina para objetos a diferentes distancias.

El sistema refringente del ojo emétrepe hace que los rayos de luz paralelos sean llevados a un foco sobre la capa sensible de la retina, realizando ésta tarea sin esfuerzo y, por consiguiente, los objetos a distancia se ven claramente. Es evidente que para que el ojo funcione de forma adecuada tiene que ser capaz de variar su foco para adaptar su mecanismo refringente y poder ver también los objetos cercanos, éste poder de variación del foco se llama acomodación. (DUKE-ELDER, 1985) (Fig. 1).

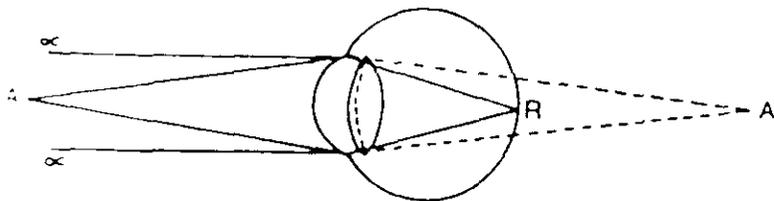


Fig. 1: Acomodación. Los rayos procedentes del infinito, en el ojo emétrepe, son llevados a un foco sobre la retina (R). Cuando se mira a un objeto próximo (A), el foco se forma detrás de la retina, en A' (foco conjugado). Para adelantar este foco hasta R, el cristalino, como se ilustra, aumenta su convexidad. (Tomada de Duke-Elder, 1985).

En cuanto al desarrollo de la acomodación, BANKS (1980) observa que hay ciertas evidencias de acomodación en los 2 primeros meses de vida, siendo más consistente hacia los 6 a 8 meses, cuando la acomodación está bien desarrollada.

FUCHS (1897) diferencia la acomodación en:

- **Acomodación física;** expresa la deformación física real del cristalino y se mide en dioptrías. Así, si el poder convergente del ojo aumenta en 1D, hablamos de gasto de 1D de acomodación.

- **Acomodación fisiológica;** tiene como unidad la miodioptría, que se considera como el poder contractil del músculo ciliar necesario para aumentar el poder de refracción del cristalino en 1D.

1.2.-FENOMENOS ASOCIADOS CON LA ACOMODACIÓN

Existen dos fenómenos relacionados con la acomodación; la convergencia y la miosis, que, aunque no la acompañan necesariamente en todos los casos o en la misma cuantía, generalmente actúan en concordancia con ella. Esta acción asociada se denomina "sincinesia" (MÁRQUEZ, 1934, 1981; PARSONS, 1946; DUKE-ELDER, 1985; SEMMLOW, 1979).

La **Convergencia**, es una acción refleja, gobernada por el centro de convergencia, que está aparentemente en el núcleo medio del III par o núcleo de Perlia (GUYTON, 1985).

Al mirar a un objeto lejano los ojos se dirigen rectos hacia adelante, para que los rayos de luz que pueden considerarse paralelos, puedan llegar a ambas máculas; pero al mirar a un objeto próximo los ojos tienen que girar hacia dentro para que sus ejes visuales se dirijan hacia él. Cuanto más cerca esté el objeto mayor será la convergencia y al mismo tiempo mayor la acomodación (DUKE-ELDER 1985).

En la **Miosis**, la inervación parasimpática depende del III par, situado en el núcleo celular de Edinger-Westphall (GUYTON, 1985).

Al mirar a un objeto próximo se contrae la pupila. Esta acción aumenta hasta cierto punto la agudeza visual, al disminuir el tamaño de los círculos de difusión y oponerse a la aberración de esfericidad producida por el aumento del

poder dióptrico del ojo como consecuencia del aumento de la curvatura del cristalino (MAGITOT, 1946).

Siendo su función más importante suprimir el aumento relativo de luz que llega al ojo a partir de los objetos próximos (DUKE-ELDER, 1985).

1.3.- REVISION HISTORICA DE LAS TEORIAS DE LA ACOMODACION

Según DUBOIS-POULSEN (1987), ninguna cuestión ha sido más discutida, que la fisiología de la acomodación y su disminución o pérdida, con la edad. El resultado de los trabajos, que se iniciaron antiguamente, hasta los actuales, constituyen una verdadera imagen de la evolución científica.

Los aspectos científicos de la acomodación, no pueden ser seriamente estudiados, hasta reconocer la estructura ocular en su conjunto, como "una cámara obscura", equipada con aparato dióptrico. Se sabe que en sus intentos de explicar el fenómeno visual, desde las teorías antiguas, se progresa, desde una teoría de "Emisión" a una teoría de "Inmisión".

Para la primera, el ojo emite rayos que perciben el objeto. PTOLEMY SOTER, en su libro "Light", fue aparentemente, la primera persona que después del descubrimiento de la lente del cristalino por los Alejandrinos, da un mayor papel a las lentes en relación con la visión. No obstante, él siguió considerando las lentes, como un órgano que emite luz y raramente la transmite.

Similares teorías fueron expuestas por RUFOS Y GALENO (130 a 210 d.C.). Para GALENO, la lente del cristalino es el principal órgano ocular, situado en el

centro del ojo, con la formación de imágenes en la superficie anterior. Realmente ésta lente constituye el órgano esencial; incluso se refieren a ella como el "Divinum Oculi".

Los griegos, no reconocían en realidad la función retinal. Concibieron el cerebro, como emisor de un sutil espíritu (esfuerzo), que atravesaba el canal de los nervios ópticos, cruzaba el cuerpo vítreo y se concentraba dentro de la lente cristaliniana, de donde emanaba en forma de rayos que tocaban el objeto externo, el cual "es ése que se ve". Semejantes opiniones podemos encontrar en los escritos de DEMOCRITUS, ARISTOTELES, ALEXANDER DE APHRODISIAS y EUCLID DE ALEJANDRÍA. Los Platonistas, hablaron del "Divino Fuego" contenido dentro del ojo.

Los latinos, no añadieron nada a éstas teorías; sus trabajos constituyen una mera recopilación de los textos de los autores griegos (PLOTINIUS, 214 a 270 d.C.; MACROBIUS, 410 d.C. Hispalensis). Tampoco durante la Edad Media aportaron nueva información.

Fueron los árabes, quienes revisaron los antiguos conceptos Galénicos y los enriquecieron con el concepto de refracción. Mientras, la Anatomía era un campo más o menos ignorado. El estudio de la óptica es de gran interés y es discutida en el libro de KITAB AL MANAZIR, o en la Optica

THESAURUS OF IBN AL HAITHAM (ALHAZEN), el cual data de 1.000 d.C. Para éste autor, los rayos luminosos parten del objeto y convergen en dirección a la lente cristaliniana, pero "el espíritu visual" en marcha, irradia del cerebro, conducido por los nervios ópticos hacia la lente cristaliniana y resultando su poder visual. Así nace la idea o teoría de la "INMISION", como mejor que EMISION.

Es verdad que muchos autores árabes se niegan a creer en la teoría de la EMISION, como AL RAZI, AL FARABI, AVICENNA, IBN RUHSD (AVERROES). Los escritores árabes, tuvieron una enorme influencia sobre los "pensadores occidentales" por medio de España.

No fue hasta el Renacimiento, en que estudios ópticos fueron desarrollados hacia conocimientos más precisos. LEONARDO DA VINCI, erróneamente creyó que con el descubrimiento de la cámara oscura y el estudio de la refracción de los rayos luminosos en el ojo podía efectuar una curiosa conciliación entre la teoría de la "EMISION" e "IMMISION".

FRANCISCUS MAUROLICUS, (1494-1575) estableció claramente, que los rayos proceden del objeto observado, experimentan refracción dentro del ojo y forman la imagen en la retina.

Las primeras lentes de gafas, se cree que aparecieron en Europa, a finales del siglo XIII, fue el

invento de un monje florentino, SALVINO D'ARNATO.

ROGER BACON (1214-94), se considera el inventor de la corrección óptica para la presbicia y la hipermetropía.

Pero la verdadera y definitiva revolución no ocurre hasta KEPLER (1575-1630), descubridor de las leyes de la dióptrica, quien demostró la primera teoría de la formación de imágenes en el ojo. Estableció la teoría matemática de refracción del cristalino y de recepción de la retina. Todo ello fue confirmado por COPÉRNICO (1473-1543) y NEWTON (1642-1727).

KEPLER, es el primero en pensar que la acomodación, adaptación del cristalino a distancias variables no es posible y cree que ello se produce por acortamiento del globo al contraerse los músculos externos.

DESCARTES, 1677 fue el primero en demostrar que el fenómeno es debido a un cambio en la curvatura del cristalino, bajo la influencia de los procesos ciliares.

La idea de un posible cambio en la curvatura corneal fue rebatida por YOUNG en 1801, gracias a su "Hydrodiascope". YOUNG demostró también que el globo ocular no variaba su tamaño durante la acomodación haciendo experimentos con sus ojos.

SCHEINER (1575-1670) y HALLER (1768-77), sostuvieron que el iris era el responsable de la acomodación. El estudio de las imágenes de Purkinje-Sanson, prueban la teoría

Cartesiana.

FICK (1853) pensó que el cuerpo ciliar aplicaba presión al ecuador del cristalino.

En 1873, HENSEN y VOELKERS, demuestran el movimiento del músculo de la acomodación.

En 1849, LANGENBECK estudia la tercera imagen de Purkinje y sugiere que la porción anterior del cristalino se mueve hacia adelante.

En 1855, HELMHOLTZ, basándose en la observación de las imágenes de Purkinje crea la hipótesis de la relajación, por la que al contraerse el músculo ciliar, cuya inserción fija está delante, en el limbo corneo-escleral, y la móvil detrás, en la pars plana de la región ciliar, tirarían hacia delante de la coroides, y esto traería como consecuencia la relajación de las fibras de la zónula. Ahora bien, HELMHOLTZ cree que, en estado de reposo del músculo ciliar, dichas fibras tiran de la periferia del cristalino, en donde se insertan, y le mantienen aplanado (Fig. 2), y al relajarse recobraría éste su forma primitiva, que tiende a aproximarse a la esférica, aumentando sus curvaturas, sobre todo la anterior, desplazando el polo anterior hacia adelante 0,4 mm y el polo posterior hacia atrás 0,05 mm. y lográndose así, un aumento en la refringencia de la lente.

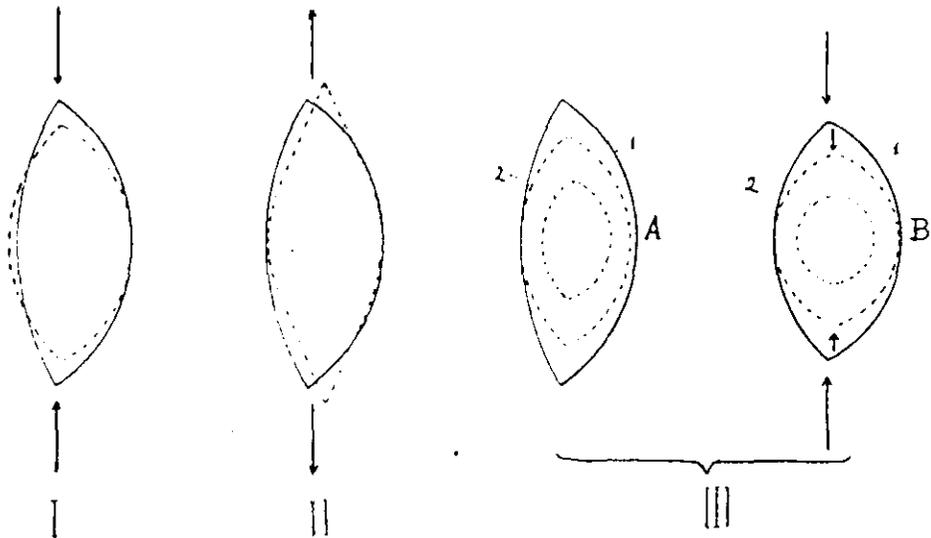


Fig. 2.- La acomodación según Helmholtz (I), Tscherning (II), y Gullstrand (III). (Tomada de Márquez, 1981).

TSCHERNING (1900) rebatió, aunque no en lo fundamental la teoría de Helmholtz de la relajación, admitiendo que, lejos de estar relajadas las fibras de la zónula en el momento de la contracción del músculo ciliar, están tirantes, tendiendo a aplastar la lente en la periferia, y, en cambio, a producir por una emigración de las capas corticales más blandas hacia el eje, un aumento de curvatura en el centro de las caras, sobre todo de la anterior, produciéndose una especie de lenticono anterior. Teoría descartada desde que los estudios con lámpara de hendidura permitieron visualizar la zónula y demostrar lo contrario.

GULLSTRAND (1924) admite el aumento de curvatura, lo que él llama acomodación exterior; pero además una

acomodación interior por la que las fibras del cristalino, tendiendo a enderezar su curvatura por la parte media de su longitud, ya que los dos extremos son los puntos fijos en la proximidad de cada una de las caras de la lente, se produciría un cambio de forma interior, en virtud del cuál, el núcleo aumentaría su espesor y las superficies isoíndiciales cambiarían de forma, de tal modo, que siendo dichas superficies concéntricas y de índice creciente cuanto más profundas, harían que en la proximidad inmediata del núcleo, el índice aumentase, así como el grosor, y por tanto, el poder refringente. Esta acomodación interior sería el 32% ó 1/3 de la acomodación total. Esta es la teoría de la Acomodación "intracristaliniana".

FINCHMAN (1937), mantiene que la superficie de la lente es moldeada gracias a los cambios anatómicos en el espesor de la cápsula.

ARNULF (1955) y DENIEUL (1977,1982), demuestran microfluctuaciones en la acomodación de manera que el enfoque es una continua oscilación. Observando que la desacomodación es más rápida que el tiempo empleado en acomodar.

STARK (1987), de acuerdo con la teoría de Helmholtz y para su mejor entendimiento, basándose en investigaciones recientes refiere que la zónula de Zinn es el antagonista elástico del músculo ciliar.

1.4.- ESTRUCTURAS OCULARES IMPLICADAS EN EL FENÓMENO DE LA ACOMODACIÓN

1.4.1.- EL CRISTALINO

A) *Embriología.*

El cristalino proviene del ectodermo engrosado que recubre la vesícula óptica: Placoda Cristaliniana (embrión de 4 mm), día 26 (PEARSON, 1965).

Siguiendo la evolución embriológica, el engrosamiento ectodérmico se va invaginando para formar la vesícula del cristalino (embrión de 9 mm). En un estadio más avanzado y alrededor de la quinta semana, la vesícula del cristalino se separa y se desprende de la superficie ectodérmica; se transforma en una estructura hueca y con una pared formada por células cilíndricas, que son más voluminosas en la parte posterior.

La cavidad de la vesícula tiene que llenarse y esto se efectúa alrededor de la octava semana cuando las células del epitelio, que ya estaba engrosado en su zona posterior, se alargan hacia adelante hasta contactar con la pared anterior, transformándose en fibras (fibras primarias del cristalino). El epitelio no varía en su cara anterior, continúa cúbico; sus células a nivel del ecuador se

transforman en fibras (fibras secundarias), alargándose y colocándose a modo de capas de cebolla respecto a las fibras primarias. Al mismo tiempo que sucede ésto, la vesícula se desplaza hacia el interior y toma poco a poco la configuración definitiva de lente biconvexa.

El proceso de transformación de las células ecuatoriales del epitelio en fibras, se verifica durante toda la vida. (ORTIZ y DÍAZ-FLORES, 1977).

La cápsula o cristaloides es un saco hialino que rodea al cristalino. Su aparición es muy precoz (embrión de 13 mm.) desarrollándose a continuación. Según PEARSON (1965), es de origen ectodérmico. Según DEJEAN, tiene un origen mesodérmico (SARAUX, 1985).

B) *Desarrollo del cristalino.*

El cristalino parece estar en un estado de desarrollo embriológico continuo a lo largo de la vida, (SUN, 1988), por la formación constante de células epiteliales que se sitúan en la corteza próxima al ecuador.

Los núcleos de las células se sitúan en el ecuador y terminaciones anteriores y posteriores de éstas células forman las suturas de la lente. Las suturas que se forman en la corteza alrededor de las suturas fetales son más bien

simples, teniendo un aspecto estelar. Con los años a medida que se desarrollan nuevas células y se extienden a través de las suturas, la complejidad de la estructura estelar aumenta (HOGAN y col., 1971)

Exámenes con lámpara de hendidura permiten distinguir entre el núcleo fetal y la corteza del cristalino, así como las suturas en Y también pueden ser observadas a lo largo de la vida.

Las células del cristalino en el niño son blandas y con los años se hacen más sólidas, en la porción nuclear. (HOGAN y col., 1971).

El cristalino crece continuamente, presentando un aumento de volumen de un 30% de los 20 a los 60 años (SUN, 1988)

C) Anatomía.

Es una lente biconvexa, de forma elíptica, caracterizada por su transparencia y elasticidad, que presenta una cara anterior y otra posterior ambas unidas por el ecuador (HOGAN, 1971; DUKE-ELDER, 1985; SARAUX, 1985; COTLIER, 1988).

Está situado entre el iris y el humor vítreo y suspendido en posición fija por las fibras zonulares, que van desde el cuerpo ciliar al ecuador de la cápsula cristaliniana.

El cristalino se mantiene en una posición relativamente estable respecto al plano sagital mediante fuerzas del humor acuoso por delante y del vítreo por detrás (ASSIA y APPLE, 1992).

El cristalino se relaciona:

- Por la parte anterior: está en contacto con la porción pupilar del iris. El área de contacto entre ambos depende, de la profundidad y diámetro de la cámara anterior y del tamaño del cristalino.
- Por la parte posterior: está en contacto con el humor vítreo, a través de una condensación del vítreo anterior, llamada "ligamento hialoideo capsular"; aunque ambas estructuras, cápsula posterior y ligamento están separadas por un estrecho espacio, el espacio de Berger.
- Lateralmente: se relaciona con la pars plicata del cuerpo ciliar y con la zónula por el ecuador.
- Por la parte periférica anterior: el cristalino se relaciona con el humor acuoso de la cámara posterior (HOGAN, 1971).

El cristalino es transparente y ligeramente opalescente en el sujeto joven, tornándose amarillento en el adulto (HOGAN, 1971; COTLIER, 1988).

Las dimensiones del cristalino son las siguientes:

- Diámetro antero-posterior de 3,5 a 4 mm. en el adulto joven (HOGAN, 1971; SARAUX, 1985; ASSIA y APPLE, 1992), aumentando a 4,5 mm. a los 70 años y a 5 mm. a los 90 años (HALPEN, 1978; MARKOWITZ, 1985).
- Diámetro ecuatorial de 6,5 mm. en el recién nacido (HOGAN, 1971), aumentando a la edad de 15 años a 9 mm. (HOGAN, 1971; SARAUX, 1985), midiendo aproximadamente en pacientes ancianos 9,5 mm. (MARSHAL, 1982; WORGUL, 1982).
- El radio de curvatura medio de la superficie anterior es de 10 mm., con una variación entre 8 y 14 mm. (HOGAN, 1971; DUKE-ELDER, 1985; SARAUX, 1985).
- El radio de curvatura medio de la superficie posterior es de 6 mm; con una variación entre 4,5 y 7,5 mm. (HOGAN, 1971; DUKE-ELDER, 1985; SARAUX, 1985).
- El peso varía desde 60 a 65 mgrs. al nacer a 130 mgrs al año de edad; a partir de entonces evoluciona lentamente hasta los 90 años que pesa 250 mgrs. (HOGAN, 1971; ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977).
- El volumen es aproximadamente de 0,165 ml. a los 30 años y de 0,245 ml. entre los 80 y 90 años de edad (HOGAN, 1971; ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977).

D) *Propiedades refractivas del cristalino.*

En cuanto a sus propiedades refractivas, se sabe que el cristalino está formado por varias capas y que la curvatura de las capas exteriores es menor que la de las interiores, siendo el núcleo biconvexo, aproximadamente esférico. Así cada capa sucesiva con densidad óptica más elevada y curvatura mayor actúa como una lente cada vez más potente (a mayor convexidad de superficie de la lente le corresponde mayor poder refractivo). Siendo la curvatura de la cara anterior más plana que la posterior, y el índice de refracción de la sustancia del cristalino cerca de la perifería de 1,38 y a nivel del núcleo de 1,41.

La corteza rodea el núcleo, comportándose ópticamente como dos meniscos cóncavo-convexos, que tienen menor índice de refracción que el núcleo. Sin embargo el núcleo más denso, con su efecto convergente sobre la luz, neutraliza el efecto divergente del menisco.

La potencia total del cristalino es de 16 a 20 dioptrías (DUKE-ELDER, 1985).

E) *Fisiología y Bioquímica.*

El cristalino no posee vascularización propia y recibe del humor acuoso y del humor vítreo los elementos necesarios para su metabolismo (COTLIER, 1988).

Su elasticidad es debida a la membrana capsular (HOGAN, 1971; FISHER y WAKELY, 1976) y al entrelazado de sus fibras, que proporciona la plasticidad necesaria para que las fibras cambien de forma pasivamente durante la acomodación (HOGAN, 1971; ADLER-GRINBERG, 1987).

Su transparencia (HOGAN, 1971) es debida a:

- La estructura, forma y disposición de sus células.
- Las interdigitaciones celulares y su forma de terminación en las suturas del cristalino.
- El pequeño fluido intersticial.
- El balance de Na y H₂O entre el citoplasma y el espacio extracelular de las células.
- La distribución de las proteínas en el citoplasma.
- La superficie lisa y de densidad uniforme de la cápsula en la región pupilar.
- La uniformidad de la única capa de células endoteliales bajo la cápsula anterior y ausencia de ella en la cápsula posterior.

Bioquímicamente se considera un órgano deshidratado (HOGAN, 1971; COTLIER, 1988) cuya composición consiste en:

- 65% H₂O
- 35% Sólidos:
 - * Na, K, Ca (Cl K > Cl Na)
 - * Lípidos: Lecitina, Colesterol (aumenta con la edad)
 - * Proteínas (33,5%)
 - .Solubles 85% : Cristalinas, α 15%, β 55%, γ 15%
 - .Insolubles 15% : Albuminoide

La corteza está más hidratada que el núcleo.

La deshidratación es mantenida por una bomba activa Na-H₂O que se ubica dentro de la membrana de las células en el epitelio del cristalino y en cada fibra del cristalino. (COTLIER, 1988). El interior del cristalino es electronegativo (JACOB y DUNCAN, 1981; RAE, 1985). El perfecto equilibrio físico-químico de las proteínas del cristalino, dado en un medio óptimo de agua, electrólitos y grupos sulfhidrilo (SH⁻), proporciona la transparencia del cristalino.

Las proteínas insolubles o albuminoide están adheridas a/o constituyen la membrana de las fibras del cristalino, y aumentan en número con la edad.

Muchas proteínas insolubles se hallan en el núcleo del cristalino, mientras que la mayor parte de las proteínas solubles se ubican en la corteza del cristalino (HARDING, 1982).

Las proteínas del cristalino son degradadas por proteasas y aminopeptidasas.

El cristalino es un órgano deshidratado y mantiene niveles más altos de iones K y más bajos de iones Na, Cl y H₂O que el humor acuoso y vítreo. Para ello genera energía química y eléctrica. La energía química para sacar iones Na y H₂O es proporcionada por el ATP a través del metabolismo de la glucosa (COTLIER, 1988).

En el cristalino hay retención de potasio, inositol y aminoácidos, siendo las concentraciones en el cristalino: de potasio 25 veces mayor, de aminoácidos de 2 a 6 veces mayor (REDDY, 1962) y de inositol 95 veces mayor que en el humor acuoso.

El glutatión, sintetizado por el cristalino, es un polipéptido formado por ácido glutámico, glicina y cisteína. Su nivel en el cristalino es alto y sus principales funciones son: conservar el equilibrio físico-químico de las proteínas del cristalino manteniendo un nivel alto de grupos sulfhidrilo reducidos (SH^-), y mantener las "bombas" de transporte y la integridad molecular de la membrana de las fibras del cristalino (COTLIER, 1988).

Los lípidos: 50% colesterol, 45% fosfolípidos y 5% glucosfingolípidos, constituyen el mayor componente de la membrana de las fibras del cristalino, estando íntimamente asociados con las proteínas insolubles del cristalino (ROSENFELD, 1982).

El colesterol es esterificado en el cristalino humano, en el cuál el 25% del colesterol está en forma de ester.

La glucosa del humor acuoso y vítreo difunde hacia el cristalino, donde es metabolizada (CHYLACK, 1978;

HARDING, 1982), dando como producto final glucosa, ácido láctico, dióxido de carbono y agua. El ácido láctico desde el cristalino difunde hacia el humor acuoso donde es eliminado.

El metabolismo de la glucosa genera trifosfato de adenosina. La rotura de ATP es necesaria para, el transporte activo de iones y aminoácidos, mantenimiento de la deshidratación y transparencia del cristalino y síntesis continua de proteínas y GSH. (COTLIER, 1988).

Las enzimas hexoquinasa y fosfofructoquinasa regulan la tasa del metabolismo de la glucosa por parte del cristalino, mientras que el oxígeno no es esencial para el metabolismo de la glucosa (CHYLACK, 1978; HARDING, 1982). El consumo de oxígeno por parte del cristalino es mínimo: 0,5 $\mu\text{mol./g. de cristalino/hora}$ (COTLIER, 1988).

F) Histología.

Histológicamente el cristalino presenta:

- Cápsula
- Epitelio subcapsular.
- Corteza o capa de fibras.

*** La cápsula.**

Es una membrana basal (TIMPL, 1982) elástica (O'NEIL, 1968; COURTOIS, 1987), fibrilar (FISHER, 1976), con estructura de colágeno (TIMPL, 1982; COURTOIS, 1987), que

tiene un módulo de Young con un rango de 1 a 7×10^7 dinas/cm², dependiendo de la edad del sujeto (FISHER, 1969a), siendo 2.000 veces mayor que el de la sustancia del cristalino subyacente (KORETZ, 1982).

Es transparente, muy refringente y recubre todo el cristalino, siendo más delgada en los polos y más gruesa en la cara anterior que en la posterior, y a su vez ambas porciones más gruesas a nivel del ecuador, donde se inserta la zónula (FINCHAM, 1937). Homogénea con microscopio óptico (COTLIER, 1988). Con microscopio electrónico se hallan muchas laminillas, que tienen un espesor de 300 a 400 Å (ROHEN 1965). Cada laminilla contiene filamentos finos (GRIGNOLO, 1954). La cápsula no está unida firmemente al cristalino, de manera que las únicas fuerzas entre la cápsula y el cristalino son ortogonales a la superficie (STARK, 1987).

Funciona como una membrana semipermeable y regula el paso de sustancias entre el humor acuoso y el cristalino, permitiendo el paso de agua y electrólitos, no dejando entrar macrófagos ni salir moléculas protéicas grandes como albúmina y globulina (HOGAN, 1971).

La cápsula está formada por material glucoprotéico, colágeno y es digerida por colagenasa. Es PAS-positiva y estudios bioquímicos muestran que el 10% es carbohidrato (HOGAN, 1971). Contiene enzimas (WORTMAN,

1956), ATP e intermediarios glucolíticos (DISCHE, 1955).
Depende del contacto con el epitelio y fibras del cristalino
para sus necesidades metabólicas (ADLER, 1988).

La cápsula parece ser que no varía en cuanto a su
estructura anatómica a lo largo de la vida, pero la
presencia de glucosidasas en la cápsula sugiere una lenta
degradación de sus glucoproteínas y por tanto un recambio
químico de sus constituyentes (CARLIN, 1971). Contrariamente
LAST (1968) y NIELSEN (1982) creen que la cápsula puede
engrosarse con la edad.

*** El epitelio subcapsular.**

Está formado por una sola capa de células cúbicas,
prismáticas o poligonales, aplanadas firmemente adheridas a
la cápsula anterior y ecuatorial, no existiendo en la
cápsula posterior y laxamente adheridas a las fibras
subyacentes (COTLIER, 1988; ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977;
HOGAN, 1971).

Estas células a medida que se aproximan al ecuador
desde el centro, se alargan hasta transformarse en fibras.
Según el lugar de revestimiento se pueden dividir en 3 tipos
(HOGAN, 1971).

Zona central; células poligonales o cúbicas.

Zona intermedia; células cilíndricas

Zona ecuatorial; células alargadas.

Las células están más densamente agrupadas en las áreas preecuatorial y ecuatorial. Muchas de las células mitóticas se hallan en la región preecuatorial (COTLIER, 1988). Siendo en ésta región donde se verifica el crecimiento del cristalino, por aposición al convertirse nuevas células epiteliales en fibras que se sitúan por fuera de las ya existentes. Esto confiere al cristalino una estructura estratificada concéntrica, además de radial (HOGAN, 1971). El número de células mitóticas disminuye con la edad (COTLIER, 1962).

Los núcleos de éstas células sufren picnosis, a medida que son desplazadas las células hacia adentro (HOGAN, 1971; ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977).

Con M.E. se observa que las células del epitelio subcapsular presentan escasos orgánulos y numerosos microtúbulos y filamentos. También destacan las abundantes interdigitaciones, zónulas ocluyentes y máculas adherents, sobre todo a nivel del ecuador donde contactan con las fibras del cristalino (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977).

El epitelio es el área del cristalino con la mayor tasa metabólica. El epitelio del cristalino utiliza glucosa y oxígeno (HOGAN, 1971). El contenido de ATP y enzimas es más alto en ésta área (DISCHE, 1955; WORTMAN, 1956; COTLIER, 1962). Es necesaria energía química para que el epitelio transporte hidratos de carbono, electrólitos, y aminoácidos

hacia el cristalino y también para la síntesis de proteínas en las fibras neoformadas en el ecuador del cristalino (ADLER, 1988).

*** La Corteza o Capa de Fibras.**

Las fibras constituyen la masa de la corteza y núcleo del cristalino (COTLIER, 1988).

En el niño las células corticales que rodean el núcleo fetal son nucleadas. A medida que se forman nuevas células, las más viejas son desplazadas a la profundidad de la corteza, perdiendo su núcleo, y a la edad de 30 años destaca un número considerable de células más viejas que se han acumulado para formar el núcleo del cristalino. (HOGAN y col., 1971).

El núcleo presenta una estructura laminar, pero no aumenta de tamaño con la edad, más bien, su espesor polar parece constante con la edad, mientras sus dimensiones ecuatoriales decrecen, sufriendo un aumento en la densidad de las fibras (BROWN, 1973; FORBES, 1992).

La corteza y núcleo del cristalino están constituidos por células hexagonales, alargadas, de 10 mm de longitud y unas 5μ de espesor (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977), llamadas fibras, cuyo número total en el adulto oscila entre 2.100 a 2.300. Las fibras terminan anterior y posteriormente

en las suturas del cristalino, haciéndose más delgadas a dicho nivel. Las suturas se localizan en el polo anterior (Y) y posterior (Λ) y no están superpuestas.

La compleja estructura de las suturas se incrementa con la edad. En el nacimiento las células primarias y secundarias han formado el núcleo fetal, con la (Y) anterior y la (Λ) posterior. Después de la vida fetal las nuevas células que se forman crean suturas que no tienen forma de Y, sino que son estrelladas; dicha estructura se hace más compleja con el aumento de la edad. Las suturas no hacen en un solo plano, ya que se están formando continuamente por las sucesivas generaciones de células, dando lugar a una tercera dimensión. Se forman por superposición e interdigitaciones terminales de las fibras cristalinas, representando una línea de unión de fibras que convergen (HOGAN, 1971).

En el microscopio electrónico las células superficiales próximas al ecuador contienen la mayoría de los orgánulos que se encuentran en las células epiteliales, incluidos microtúbulos y núcleo aplanado, el citoplasma consiste en sustancia fibrilar. En las capas más profundas, los orgánulos y ribosomas desaparecen progresivamente y el citoplasma se vuelve amorfo, como resultado del acúmulo de sustancia granular homogénea (YOUNG, 1966); y el núcleo se separa en pequeñas masas en la profundidad de la corteza y no se puede discernir su contorno).

Las 8 a 10 capas superficiales de células en la porción anterior del cristalino difieren de las células más profundas de la corteza en que tienen pocos procesos de interconexión, los cuales se producen principalmente en los lados cortos de las células. Por esta razón cada capa de células parece presentar una unión débil con la capa subyacente, pudiendo intervenir en la extensibilidad de las células superficiales del cristalino (HOGAN, 1971), y proporcionando la plasticidad necesaria para que las fibras cambien de forma pasivamente durante la acomodación (COTLIER, 1988; SUN, 1988). En la porción posterior del cristalino y en las capas más profundas (de la corteza) de la porción anterior, los procesos de interconexión o unión en "botón de camisa" de las membranas celulares, tienen lugar en los lados largos de las fibras. (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977). Esto les confiere una sustancial adhesión entre capas o nuevas generaciones de células (HOGAN, 1971). Numerosas, largas y pequeñas zónulas ocludens aparecen entre las células, tanto en el núcleo como en la corteza.

Los espacios entre las fibras, los espacios extracelulares del cristalino, son muy pequeños, constituyendo solo aproximadamente el 5% del volumen del cristalino (COTLIER, 1988).

La composición química de las membranas de las

fibras es similar a la de otras membranas celulares, pero hay subunidades glucoprotéicas intrínsecas específicas de 26.000 daltons (BLOEMENDAL, 1981^{a,b})).

1.4.2.- LA ZONULA.

A) *Embriología.*

La zónula se desarrolla tardíamente respecto a los otros componentes del globo ocular. Un primer esbozo es el vítreo primitivo que, en el cuarto mes con el desarrollo definitivo del vítreo es rechazado hacia el centro, a nivel del canal de Cloquet, y por delante, en la cara posterior del cristalino. Subsiste, por lo tanto, entre el cuerpo ciliar y el cristalino una zona ocupada por el vítreo primario con sus mallas laxas y sus vasos: la zónula vítrea (SARAUX y col., 1985).

A finales del quinto mes la zona basal del cuerpo ciliar prolifera y aumenta de volumen y se forman una serie de fibrillas que invaden la zónula vítrea ya existente. Más tarde éstas fibrillas se organizan, se agrupan en fibras más voluminosas y constituyen la zónula definitiva (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977).

Hay menos fibras en el niño que en el feto; su

número disminuye con la edad, mientras que aumenta el calibre. (SARAUX, 1985); siendo inicialmente de 65 mm. para una vez formadas alcanzar 110 mm. (HOGAN, 1971).

B) Anatomía.

La zónula o ligamento de Zinn, es un sistema de fibras que se extienden desde la membrana basal de las células epiteliales del cuerpo ciliar (HOGAN, 1971; ROHEN, 1979) hasta la superficie anterior, ecuatorial y posterior de la cápsula del cristalino (FARNSWORTH, 1976), formando el ligamento suspensorio de éste, al que mantiene fijo y le transmite las contracciones del músculo ciliar.

En un corte meridional de la zónula observamos que sus fibras adoptan una disposición triangular, de vértice periférico situado entre el humor acuoso y el vítreo (SARAUX, 1985). Por delante constituye el límite posterior de la cámara posterior, comprendida entre el iris por delante, zónula y cristalino por detrás, y cuerpo ciliar por fuera. Por detrás, se relaciona con la hialoides anterior. Existiendo un espacio virtual entre la zónula y la hialoides anterior, denominado espacio o canal de Hannover. Por fuera, el vértice del triángulo se relaciona con el cuerpo ciliar. Por dentro, la base se relaciona con el ecuador del cristalino. Se ha descrito aquí, entre las fibras zonulares anteriores y posteriores, un espacio, el canal de Petit.

Este canal falta sobre todo en el joven, donde el espacio está ocupado por fibras ecuatoriales; las cuales desaparecen con la edad (LAST, 1968).

Aunque la distribución exacta de las fibras varía de unos sujetos a otros, se puede hacer una división tipo para su estudio según las zonas de inserción de las mismas (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977):

- Fibras anulo-capsulares, con sus dos componentes: anteriores y posteriores. Se extienden desde la ora serrata (anillo ciliar) hasta la cápsula del cristalino a nivel del ecuador, en la cara anterior o posterior según la situación de la fibra. Las fibras anteriores son más fuertes y más gruesas que las posteriores (ADLER-GRINBERG, 1987).
- Fibras cilio-capsulares posteriores, que desde los surcos de los procesos ciliares y cruzando las fibras anulocapsulares, se dirigen al cristalino y terminan insertándose a nivel del ecuador, un poco por debajo de las fibras anulo-capsulares posteriores.
- Fibras cilio-ecuatoriales, que desde el extremo del cuerpo ciliar van al ecuador del cristalino.
- Fibras cilio-ciliares, que unen distintas áreas del cuerpo ciliar.

Estos dos últimos tipos de fibras tienen la misión de reforzar las fibras anteriormente señaladas.

Funcionalmente (MOSES, 1988) el gran número de fibras acelulares que constituyen la zónula pueden dividirse en dos grupos:

- El primer grupo conecta el cuerpo ciliar y cristalino y transmite la postura del músculo ciliar a la cápsula del cristalino. Estas fibras zonulares que suspenden al cristalino, se insertan en el cuerpo ciliar a los lados de los procesos ciliares y en los valles entre los procesos y se dirigen hacia el cristalino, disponiéndose en tres subgrupos que se insertan en la cápsula anterior, cápsula posterior y ecuador del cristalino respectivamente. Cerca de su terminación capsular las fibras se dividen en muchas fibrillas más finas que se insertan en la cápsula en un área relativamente grande.

- El segundo grupo de fibras zonulares no se insertan en el cristalino. Se dividen en dos subgrupos mayores:

1. Muchas fibras hacen puente desde un sitio del cuerpo ciliar a otro. Su dirección es principalmente meridional. Estas fibras forman una densa red en la superficie interna del cuerpo ciliar, la cual transmite la tracción elástica de la coroides a la inserción ciliar de las fibras suspensoras cuando el músculo ciliar se relaja.

2. Muchas fibras zonulares finas se extienden desde el orbículo ciliar del cuerpo ciliar hacia el vítreo para formar la base del vítreo.

STARK (1987) diferencia en la zónula dos porciones, por sus distintos e importantes papeles en el mecanismo de acomodación:

- Las fibras de la porción periférica, cuyo origen parte de la pars plana en la región de la ora serrata del cuerpo ciliar. Las fibras principales están ancladas al cuerpo ciliar y se denominan "fibras de anclaje" (ROHEN, 1969,1979), permiten cambiar la tensión zonular de dirección paralela a la pars plana a una dirección más hacia adentro, y por ello se denominan también "fibras de tensión".

- Las fibras de la porción axial, que partiendo de la porción periférica, se dirigen en dirección axial, se dividen en dos partes, una posterior y otra anterior, que se insertan en la cápsula del cristalino a nivel de la región periecuatorial. Las fibras zonulares anteriores y posteriores asumen diferentes niveles de tensión dependiendo del estado de acomodación (OBER y ROHEN, 1979; ROHEN, 1979). Así las fibras anteriores se dirigen anterior y oblicuamente, tirando de la cápsula anterior hacia atrás y hacia la periferia; mientras las fibras posteriores que se dirigen hacia atrás, estiran la cápsula posterior hacia adelante y hacia afuera. Todo ello en estado de reposo (ASSIA y APPLE, 1992)

La región de unión entre la porción periférica y axial, es donde las "fibras de Span" como las llama ROHEN

(1979), parten de las fibras principales en dirección periférica y hacia afuera, atraviesan el epitelio de la región de interprocesos hasta la matriz de la membrana de Bruch, donde forman la inserción de las fibras del músculo ciliar.

Los procesos ciliares, aunque no son el origen anatómico verdadero de las fibras de la zónula, actúan como su origen funcional (STREETEN, 1982^a).

C) Histología.

El grosor de las fibras zonulares varía entre 2 y 8 micras por término medio, alcanzando en algunos casos las 40 micras de espesor (DANTAS, 1984; SARAUX, 1985). Su longitud es de 6-7 mm. (ORTIZ y DIAZ-FLORES 1977; SARAUX, 1985); siendo de tamaño uniforme.

Al microscopio electrónico, las grandes fibras zonulares representan haces de muchas fibrillas más pequeñas, de 80 a 120 Å de espesor y que tiene una periodicidad regular de 110 a 180 Å (COTLIER, 1988).

Las fibrillas son transparentes, tienen la propiedad de alargarse y si se cortan se rizan (KACZUROWSKI, 1964; FARNSWORTH, 1976,1977; STREETEN, 1982b).

Para STREETEN (1983), las zónulas se asemejan a microfibrillas de tejido elástico con similares características químicas.

1.4.3.- EL MUSCULO CILIAR.

A) *Embriología.*

El músculo ciliar se desarrolla a partir del mesodermo en torno a la cúpula óptica, aproximadamente en el tercer mes de la vida embrionaria (HOGAN, 1971; ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977; SARAUX, 1985).

Se presenta como un área triangular mal definida con su base dirigida anteriormente (HOGAN y col., 1971).

El mesodermo se engruesa y las células mesenquimales se alargan (ORTIZ y DIAZ-FLORES; 1977; SARAUX, 1985) durante el tercer mes teniendo lugar entre el tercer y quinto mes la organización de el mesodermo en fibras (HOGAN, 1971; ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977).

La porción longitudinal del músculo está bien conformada en el séptimo mes (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977) mientras que las porciones radial y circular del músculo no llegan a evidenciarse hasta después del sexto mes y no alcanzan su completo desarrollo hasta después del nacimiento. (HOGAN y col., 1971).

B) *Anatomía.*

El músculo ciliar presenta la forma de un triángulo rectángulo cuyo ángulo recto está situado por dentro, mirando a los procesos, la hipotenusa paralela a la esclerótica y los dos ángulos agudos responden, uno a la ora serrata y el otro al ángulo irido-corneal (SARAUX 1985; ORTIZ y DIAZ-FLORES 1977).

El músculo ciliar es un anillo de músculo liso, apoyado contra la superficie interna de la porción anterior de la esclerótica. Algunas fibras del músculo se originan en la esclerótica anterior en el espolón escleral, mientras que los tendones de algunas fibras hacen puente sobre el espolón o lo atraviesan para originarse en la red travecular (MOSES, 1988).

Aproximadamente el 1% de las fibras, del músculo ciliar se dirigen hacia la raíz del iris, actuando para estabilizar el mecanismo del iris. Otro 1% de las fibras se dirigen hacia los procesos ciliares, son llamadas "erectores de los procesos ciliares" y contribuyen a la constitución de éstas importantes estructuras vegetativas.

El otro 98% de las fibras del músculo ciliar se dirigen directamente desde su origen hacia su inserción en las fibras de Span de la zónula de Zinn en la membrana de Bruch. Estas fibras de Span atraviesan la matriz justo debajo del epitelio del cuerpo ciliar en las regiones entre los procesos (STARK, 1987).

El músculo ciliar, es un músculo liso, al que se consideró clásicamente compuesto por tres tipos de fibras: longitudinales (meridional), radiales y circulares. Este concepto ha sido discutido, principalmente por ROHEN (1965), quien considera no estar justificado el dividir el músculo en tres partes. Las fibras circulares y radiales internas no están claramente establecidas. El extremo interior del músculo parece contener esencialmente fibras circulares que forman cortos ramilletes de fibras que se insertan en el anillo del tejido elástico en la base del iris. Otra capa de tejido elástico se sitúa entre el músculo y el epitelio pigmentario del cuerpo ciliar. Los elementos elásticos presumiblemente resisten la tensión de la zónula, permitiendo de ésta forma el mínimo cambio o modificación posible de la coroides (HOGAN, 1971).

Según STARK (1987) el músculo ciliar es un músculo unificado, forma una estructura de red, ya que desde su origen a su inserción las fibras no siempre se dirigen en línea recta en la dirección de las fibras meridionales, sino que a menudo divergen y se entrecruzan, quizá para repartir su fuerza. Hay aproximadamente 80 bahías y dientes en la ora serrata y por consiguiente 80 grupos de fibras zonulares.

Si cada región de 5 grados del músculo ciliar se insertara solo en las fibras de Span y por tanto en la zónula, en dicha región, el sistema sería sensible a diferencias producidas por fuerzas locales. Por lo tanto,

teóricamente, un número de fibras del músculo ciliar se dirigen en dirección circular, pero por cortas distancias, y entonces vuelven a insertarse en las fibras de Span de la zónula de la siguiente bahía o de 2 bahías más allá (CALASANS, 1953).

Cuando éstas fibras cruzadas se cortan para preparación histológica parecen ser las falsamente llamadas fibras circulares de Mueller. De cualquier forma ya que tienen su origen en el espolón corneo-escleral, su contracción debería ensanchar su apertura.

También destacar que nunca están lo suficientemente cerca para contactar con el cristalino y no pueden tener una acción directa tipo esfínter. Por lo tanto, se debe considerar, que estas fibras cruzadas tienen una función de reparto de fuerza, y por otra parte contribuyen y forman parte de la acción unificada del músculo ciliar.

C) *Histología.*

El estudio con microscopio electrónico del músculo ciliar realizado por ISHIKAWA (1962), describe su estructura y sus conexiones nerviosas. Así el músculo ciliar humano se compone de haces musculares, que a su vez, comprenden células musculares, nervios no mielinizados y terminaciones nerviosas.

Las células musculares lisas están agrupadas en

haces rodeados por una fina lámina conjuntiva compuesta de fibras colágenas que presentan fibroblastos y vasos. Su longitud es de 20 μ , y su anchura de 3 μ . (SARAUX, 1985).

Estas células musculares están rodeadas por una membrana basal separada de la membrana plasmática por un espacio claro de 300 Å de espesor; la membrana basal está interrumpida, y "uniones intercelulares estrechas" o "mácula adherens" constituyen los medios de unión entre dos elementos celulares. Hay numerosas vesículas de pinocitosis a lo largo de la membrana plasmática. El citoplasma es rico en mitocondrias de localización perinuclear. Los miofilamentos están dispuestos regularmente en el seno del citoplasma celular. Se localizan condensaciones osmófilas de una parte a otra de los miofilamentos y a lo largo de toda la membrana celular, como en todas las células musculares lisas (HOGAN, 1971; SARAUX, 1985).

ROHEN Y RENTSCH (1969), son los primeros en establecer mediante la utilización del microscopio electrónico, la inserción del músculo ciliar en las "fibras Span" de la zónula de Zinn.

D) Vascularización.

El cuerpo ciliar es un órgano esencialmente vascular cuyos elementos arteriales más esenciales son el círculo

mayor arterial del iris y sus ramas.

El círculo vascular mayor del iris, localizado entre los procesos ciliares y la porción circular o anular del músculo ciliar, está formado por la anastomosis de las dos ramas terminales de las arterias ciliares largas posteriores con las arterias ciliares anteriores, ramas de las arterias musculares.

A veces, se puede observar una formación arterial inconstante el "circulus arteriosus musculus ciliaris" que reside en el músculo ciliar y está constituido por la anastomosis de las ramas arteriales encargadas de vascularizar este músculo (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977; SARAUX, 1985).

El contenido venoso del cuerpo ciliar es drenado hacia atrás, hacia las venas vorticosas de la coroides (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977), aunque también se ha visto que una pequeña porción del cuerpo ciliar, situada por delante y por fuera del músculo, establece su drenaje por una fina vena ciliar anterior hacia las venas intraesclerales (SARAUX, 1985).

Ocasionalmente, los vasos que penetran dentro del músculo, son capilares, cuyas paredes son más gruesas que en los procesos ciliares y generalmente tienen un endotelio continuo no fenestrado (HOGAN, 1971).

E) *Inervación.*

Los plexos ciliares constituidos por: los nervios ciliares largos, que acompañan a las arterias ciliares largas; y los nervios ciliares cortos, muy abundantes y ramificados. A su nivel pueden observarse células ganglionares.

De los plexos ciliares emergen una serie de ramas sensitivas simpáticas y parasimpáticas que se dirigen hacia el músculo ciliar, los vasos y el cuerpo ciliar en su conjunto. La mayor parte de éstas fibras nerviosas van destinadas al músculo ciliar; son fibras mielínicas que, después de llegar a la parte externa del músculo se introducen en él y se mezclan con las fibras musculares. (ORTIZ y DIAZ-FLORES, 1977; SARAUX, 1985).

Las fibras parasimpáticas provienen del núcleo de Edinger-Westphal y luego pasan al tercer par craneal hasta el ganglio ciliar, situado un centímetro aproximadamente por detrás del ojo. Aquí las fibras hacen sinapsis con las neuronas parasimpáticas posganglionares, que siguen por los nervios ciliares hasta el globo ocular. Estos nervios excitan el músculo ciliar y el esfínter del iris.

La inervación simpática del ojo se origina en las células del asta intermedio lateral del primer segmento torácico de la médula espinal. Desde aquí, las fibras

simpáticas penetran en la cadena simpática y siguen hacia arriba hasta el ganglio cervical superior, donde establecen sinapsis con neuronas posganglionares. Las fibras de éstas siguen con la carótida y arterias cada vez menores, hasta alcanzar el globo ocular. A éste nivel las fibras simpáticas inervan las fibras radiales del iris, así como varias estructuras extraoculares. También inervan débilmente el músculo ciliar (GUYTON, 1985).

La teoría que ha dominado la práctica clínica optométrica ha sido la de HELMHOLTZ (1962) o teoría clásica. Esta teoría, modificación de la de FINCHAM (1937), sostiene que el músculo ciliar recibe solo inervación de la división parasimpática del sistema nervioso autónomo, y que, en ausencia de estimulación parasimpática, el tono del músculo ciliar hace que el enfoque del ojo emétrope esté en el infinito.

Una teoría alternativa sostiene que el músculo ciliar recibe inervación tanto simpática como parasimpática. Esta teoría parece haber sido propuesta primero por MORAT Y DOYAN (1891) sugiriendo que la actividad simpática estaba asociada con la acomodación a distancia y la actividad parasimpática con la de cerca.

Estudios actuales como los de CHARMAN (1982), GARNER (1983), BRIEN y MILLODOT (1986) consideran la posible

inervación dual simpática-parasimpática del músculo ciliar en el estudio del desarrollo y corrección de los errores de refracción.

Estudios realizados con drogas (tropicamida), indican que el sistema parasimpático juega un papel significativo en la determinación de la posición del punto de reposo de acomodación, y que las variaciones de éste punto entre diferentes individuos es una consecuencia del tono muscular ciliar parasimpático más que del simpático. (GILMARTIN y HOGAN, 1985).

1.5.- FISIOLOGIA DE LOS MECANISMOS DE ACOMODACION:

1.5.1.- CAMBIOS QUE SE PRODUCEN EN EL OJO DURANTE LA ACOMODACION.

Durante la acomodación, con la contracción del musculo ciliar y la relajación zonular en el ojo se observan los siguientes cambios, algunos de ellos puestos ya de manifiesto por HELMHOLTZ (1855):

A) Contracción pupilar.

La pupila se contrae durante la acomodación y convergencia. Esto es una sincinesis y no un verdadero reflejo, ya que no depende de la acomodación o convergencia solas para su aparición (MOSES, 1988). La contracción pupilar no desempeña un papel activo en la acomodación como la prueba el hecho de que ésta no resulta afectada en la aniridia o en las iridectomias amplias pero sí ejerce un papel sumamente útil en la visión próxima (GIL DEL RIO, 1984), porque al actuar de diafragma disminuye los círculos de difusión, suprimiendo igualmente las aberraciones de esfericidad en el momento en que éstas serían más acentuadas por el aumento de curvatura del cristalino (MAGITOT, 1946).

B) Avance del borde pupilar.

Durante la acomodación se produce el avance del borde pupilar del iris, con disminución de la profundidad de la cámara anterior por el centro. Al mismo tiempo que la pupila se contrae, se puede apreciar que el borde pupilar del iris se desplaza hacia adelante, lo que lleva consigo que la cámara anterior se estreche en su porción central (MOSES, 1988). Así HELMHOLTZ (1924) daba la cifra de 0,4 mm. de desplazamiento para una acomodación igual a 7 dioptrías.

Produciéndose también un aumento periférico de la profundidad de la cámara anterior (TSCHERNING, 1900; GIL DEL RIO, 1984).

C) Manifestaciones observadas en el cristalino.

* La cara anterior del cristalino avanza hacia adelante, desplazándose su polo anterior 0,4 mm. (HELMHOLTZ, 1924; LE GRAND, 1964; FISHER, 1971), para una acomodación de 7 dioptrías. La superficie anterior del cristalino aumenta su curvatura haciéndose más convexa y disminuye su radio de curvatura de 10 mm. a 5,33 mm. según unos autores (GULLSTRAND, 1924; PATNAIK, 1967; BROWN, 1973) y de 11 mm. a 5 mm. según WARREN (1980). Este aumento de curvatura de la cara anterior no es uniforme, siendo más marcado en la región axial, dando una deformación conoide (FINCHAM, 1937;

SARAUX, 1985).

* La cara posterior del cristalino sufre unos cambios mucho menores que la anterior durante la acomodación, experimentando un desplazamiento hacia atrás de 0,1 mm. y de 0,05 mm. según LE GRAND (1964) y HELMHOLTZ (1924) respectivamente, y por el contrario no modificándose en absoluto según MOSES (1988). La superficie posterior del cristalino aumenta ligeramente su curvatura y disminuye poco su radio de curvatura de 6 mm. a 5,33 mm. según GULLSTRAND (1924) y de 5,5 mm. a 5 mm. según WARREN (1980).

* Aumenta el espesor en el centro del cristalino, ya que el polo posterior permanece fijo y el polo anterior se mueve hacia adelante. Según GULLSTRAND (1924,1962) el espesor del cristalino aumenta de 3,6 mm. a 4 mm.

* Aumenta el diámetro sagital del cristalino a medida que aumenta el espesor axial de éste, y disminuye su diámetro frontal o ecuatorial en 0,4 a 0,5 mm. (FINCHAM, 1937).

* Se producen cambios de la tensión de la cápsula del cristalino durante la acomodación. La cápsula anterior se vuelve laxa y se separa de la cápsula posterior (GRAVES, 1925).

* El cristalino se desplaza en la dirección de la fuerza de la gravedad durante la acomodación máxima (FINCHAM, 1937; NEIDER, 1990), $\approx 0,35$ mm. y puede volverse trémulo (HESS, 1904).

* Aumenta el índice total de refracción de la lente cristaliniana durante la acomodación. Cambios dentro de la substancia del cristalino provocan un cambio de poder de refracción del cristalino, además de los cambios de curvatura de la superficie cuando se contrae el músculo ciliar. Estos cambios internos son provocados por cambios de la curvatura de las diversas partes del cristalino que tienen diferentes índices de refracción. Se sabe que el poder dióptrico total del cristalino es mayor durante una acomodación máxima que lo que podría explicarse sobre la base de cambios de la curvatura de la superficie (MOSES, 1988). GULLSTRAND (1924,1962) sugirió que éste déficit se debía a los cambios en las superficies con igual índice. Estos cambios han sido documentados por medio de fotografías con lámpara de hendidura (BROWN, 1973).

1.5.2.- MECANISMO DE LA ACOMODACION.

La explicación del mecanismo básico de la acomodación puede atribuirse a la teoría tradicional de HELMHOLTZ (1855), modificada por FINCHAM en 1937 y con la

aportación posterior por científicos actuales.

Así COLEMAN (1970), refiere que existen algunas lagunas en la teoría de HELMHOLTZ y hace énfasis sobre el importante rol del vítreo en su propuesta teoría de los mecanismos de acomodación.

Su modelo acomodativo se caracteriza por:

- a) Engrosamiento axial lenticular
- b) Movimiento anterior de la superficie anterior del cristalino, que produce una superficie anterior más conoidal, combinado con una relativa estabilidad de la superficie posterior lenticular.
- c) Relajación de la zónula.
- d) Contracción del esfínter ciliar.
- e) Soporte zonular posterior al ecuador del cristalino en el epitelio ciliar justo anterior a la ora serrata.
- f) Movimiento significativo hacia adelante de la ora serrata durante la acomodación.
- g) Un aparente descenso en la presión intraocular durante la acomodación.

COLEMAN (1970) crea un nuevo modelo de acomodación con el fin de unificar todos los datos de como el ojo responde a la acomodación según las diferentes teorías:

1) La contracción del músculo ciliar produce:

- * Disminución del diámetro del componente circular del músculo que provoca el avance del

diafragma base vítreo-cristalino-zónula produciendo un aumento de curvatura del cristalino - superficie anterior más conoidal, mientras a la superficie posterior no le afecta relativamente ya que está comprimida por el vítreo.

* Relajación zonular.

* Movimiento significativo hacia adelante de la ora serrata.

Este mecanismo combinado con la elasticidad capsular y cristaliniana da lugar a un diámetro axial mayor y diámetro ecuatorial menor. La apertura simultánea de la válvula trabecular de la cámara anterior y la correspondiente reducción a la resistencia de salida del fluido a la vez que la fuerza de compresión del vítreo es generada por el músculo ciliar, permitiendo que la P.I.O. total no varíe.

El continuo mantenimiento de la reducida resistencia a la salida de fluido puede producir una reducción gradual del P.I.O. y mantiene el gradiente de presión vítreo-cristalino-acuoso para favorecer la posición del cristalino acomodado.

- 2) La relajación del músculo ciliar dilata el esfínter ciliar, reduciendo el diámetro del orificio de apoyo de la zónula y disminuyendo las fuerzas de compresión en el cuerpo vítreo, esto provoca que el

cristalino sea presionado hacia atrás contra el vítreo, produciendo un aplanamiento de la superficie anterior del cristalino → Relajación acomodación.

Este modelo acomodativo unifica 2 teorías antiguas, la de HELMHOLTZ-FINCHAM y la de CRAMER-TSCHERNING-PFLUGK ya que muchos de los fenómenos observados son comunes a ambos. COLEMAN (1970) critica la teoría de HELMHOLTZ, la cual explica el redondeamiento del cristalino durante la acomodación pero ignora las posibles fuerzas hidráulicas que acompañan a estos cambios. También falla en justificar adecuadamente las propiedades elásticas del cristalino y/o cápsula.

Posteriormente BELL (1980) realiza una revisión de la teoría de acomodación de COLEMAN (1970), destacando los siguientes puntos:

- * El movimiento anterior de la superficie anterior del cristalino combinado con una relativa estabilidad de la superficie posterior lenticular. Este punto es de interés dadas las características de la cápsula lenticular. La porción anterior del cristalino se dirige hacia adelante durante la acomodación, produciéndose solo un pequeño cambio en la curvatura o posición de la posterior (FINCHAM, 1937). Este movimiento ocurre a pesar de ser la cápsula del cristalino más gruesa anterior que posteriormente

(LAST, 1968). COLEMAN (1970) interpreta este fenómeno como resultado de la presión vítrea ejercida en la parte posterior del cristalino, puntualizando que el tercio anterior del vítreo es la porción más solidificada y se adhiere a la ora serrata.

* El movimiento significativo hacia adelante de la ora serrata durante la acomodación. Este punto es una parte crítica de la teoría de COLEMAN. MOSES (1970) calcula el movimiento anterior de la ora serrata durante la acomodación, siendo de 0,05 mm. por dioptría de acomodación. ENOCH (1975) establece que el área retiniana puede ser alargada un 12% por 10 dioptrías de acomodación. ARAKI y TOKORO (1964) denominaron al movimiento como una "remarcada tracción y avance" de la ora serrata. Dado que el vítreo está adherido a la ora serrata, la porción anterior del vítreo se desplazaría hacia adelante contra la lente (BELL, 1980). COLEMAN (1970) supuso que el vítreo y la zónula formarían un diafragma semipermeable entre la cámara anterior y la cámara vítrea. Explicando en su modelo acomodativo, el movimiento traslacional hacia adelante del cristalino durante la acomodación resultante de la presión vítrea contra él. COLEMAN (1970) demostró que el cristalino cae hacia adelante cuando se mira hacia abajo, pero que existe una resistencia a caer hacia atrás cuando la persona mira hacia arriba. Así, creyó que ésta sería la prueba demostrativa de que el vítreo sostenía al

cristalino en su relativa posición anterior.

Usando el modelo de HELMHOLTZ de la acomodación, frecuentemente se asume que el soporte zonular del cristalino primariamente nace de los procesos ciliares (BELL, 1980).

* Un aparente descenso en la presión intraocular durante la acomodación. Es en éste punto, donde la teoría de COLEMAN ha tenido más controversia. ARMALY (1961) encuentra que la P.I.O. disminuye durante la acomodación. Se hipotetiza sobre que el humor acuoso es forzado a salir del ojo durante la acomodación debido al aumento de superficie del cristalino, mientras que la contracción ciliar produce apertura simultánea de la malla trabecular con la correspondiente salida del humor acuoso. COLEMAN (1970) refiere que existe un relativo gradiente de presión entre los compartimentos vítreo y acuoso durante la acomodación. En el descenso de presión en la cámara anterior durante la acomodación existe un incremento de presión proporcional en el compartimento vítreo. COLEMAN (1970) afirma que los cálculos de dinámica de fluido explican mejor los hallazgos de ARMALY que otros modelos de acomodación. Si el humor acuoso fuese forzado a salir del ojo durante la acomodación, la recuperación de la tensión intraocular a niveles de preacomodación sería muy lenta. Sin embargo los niveles de P.I.O. preacomodativos se recuperan pronto con la relajación

de la acomodación (ARMALY, 1962). YOUNG (1975) implantó quirúrgicamente medidores de tensión en la cámara vítrea de monos, permitiendo mediciones directas e instantáneas de la presión vítrea durante la acomodación. Observó que cuando el animal fijaba un objeto a 20 o más pies existía un nivel dado de presión en la cámara vítrea (próximo a 12 mm Hg). Cuando se le aproximaba dicho objeto se producía un incremento de tensión (variación media de 6 mm Hg) y cuando el objeto se alejaba, la tensión retornaba a su valor inicial.

YOUNG (1977), probó también el concepto de diafragma semipermeable de COLEMAN. Inyectando fluoresceína en el vítreo de monos con ojos atropinizados, encontró que se requerían 15 a 20 minutos para que la fluoresceína pasara a la cámara anterior. En ojos no atropinizados y con estímulo acomodativo, se requerían períodos de tiempo más largos para que la fluoresceína apareciese en la cámara anterior. YOUNG creía que éstos hallazgos indicaban una permeabilidad al líquido disminuida entre la cámara anterior y vítrea durante la acomodación. Esto aumenta la posibilidad de un gradiente de presión entre las cámaras durante la acomodación (BELL, 1980).

También KORETZ Y HANDELMAN (1982) presentaron su modelo experimental matemático del cuerpo del cristalino (el cristalino sin la cápsula); utilizaron el cristalino de un

niño de 10 años de edad. El modelo suponía que por encontrarse entrelazadas, las fibras del cristalino no podían deslizarse unas junto a otras: el único modo de que el cristalino cambiara de forma era que variara la curvatura de las fibras. Según indicaban sus cálculos, todas las fuerzas que actuaban sobre la superficie del cuerpo del cristalino en acomodación eran aproximadamente iguales y se ejercían en perpendicular a la superficie del cristalino. Sugerían esos hallazgos que la cápsula, que es el receptor de las tensiones aplicadas por las zónulas y constituye el único material en contacto directo con el cuerpo del cristalino, transformaba esas tensiones, discretas, en una fuerza compresora uniforme que afectaba la superficie entera del cristalino. Al remitir la tensión de las zónulas sobre la cápsula, también lo hacía la fuerza compresora sobre el cuerpo del cristalino; disminuía asimismo la fuerza compresora en el interior del cristalino y éste experimentaba una recuperación elástica. No debía sorprender que la fuerza ejercida por la cápsula fuera perpendicular a la superficie del cuerpo del cristalino. En la fuerza que desarrollan las zónulas se distingue una componente paralela (tensora) y otra perpendicular (compresora); pero, al resistir las fibras capsulares el estiramiento, solo se transmite al cristalino la fuerza perpendicular. También destacar que en los cambios de forma observados en el cristalino durante la acomodación, debe influir la estructura interna del cristalino.

Así mismo determinaron las fuerzas ejercidas sobre el cristalino por otras estructuras oculares. La relajación de las zónulas explicaba la mayor parte del cambio de forma observado en el cristalino durante la recuperación elástica, pero no todo. Quizá, parecía deducirse, que en el proceso de enfoque intervendría el humor vítreo, prestando apoyo a la parte posterior del cristalino.

El único modo de que las zónulas provocaran ese cambio previsto de las fuerzas durante la acomodación sería que perdieran tensión o que se modificara el ángulo en que aplicaban la tensión al cristalino, reduciéndose el componente compresor del esfuerzo. Según apuntaban sus datos, se daban ambos fenómenos. Además de relajar la tensión, las zónulas, que están unidas a la cápsula, se movían ligeramente, haciéndose paralelas a la superficie de la cápsula; cuanto mayor paralelismo mostraran, menos comprimirían el cristalino. Y observaron que las fuerzas que actúan sobre el cristalino nunca llegan a anularse del todo; si lo hicieran no habría modo de retener el cristalino en su lugar (KORETZ y HANDELMAN, 1988).

KORETZ y HANDELMAN (1984), en una revisión de los datos de BROWN (1974), sugieren que la plasticidad del cristalino se produce por la redistribución de una pequeña cantidad de citoplasma en cada fibra lenticular. Aseguran, que el movimiento citoplasmático puede estar restringido por fuerzas internas al cristalino y que en el ojo presbita no

hay relajación de la tensión zonular anterior. No se aportaron datos empíricos que apoyen ésta teoría.

Otros científicos han basado sus estudios, en el comportamiento de la cápsula durante la acomodación:

FISHER (1969a), estudia la forma que toma el cristalino durante la acomodación, e intenta explicarla, mediante la aplicación de fuerzas centrífugas a cristalinos humanos y analizando los efectos de la tensión radial. Como resultado, observa, que el cristalino se comporta como un cuerpo elástico simple. La observación de FINCHAM (1937) respecto a que la descapsulación del cristalino joven lleva a un cambio de forma "acomodado" a "desacomodado", sugiere que la sustancia lenticular tiene una elasticidad propia.

Así mismo, FISHER (1969b) observó que el módulo de elasticidad de la sustancia lenticular aumenta con la edad. Sabiendo, que la energía requerida para deformar un cuerpo elástico es proporcional al módulo de elasticidad, por lo tanto, mayor energía es requerida para la acomodación del ojo a medida que aumenta la edad. Así, el cambio de elasticidad en la sustancia lenticular podría ser el responsable del 44% de la pérdida de acomodación.

FISHER (1973a), en un estudio sobre las variaciones de energía capsular durante la acomodación, observó que en cristalinos jóvenes la cantidad de energía elástica almacenada en la cápsula se corresponde con el 20% de energía necesaria para deformar la sustancia cristaliniana.

La energía almacenada en la cápsula, es decir, la energía que puede actuar sobre el cristalino, varía con la elasticidad y el grosor capsular. Cuanto más aplanado esté el cristalino y menor sea su volumen, mayor será el efecto que la cápsula pueda ejercer sobre el cristalino.

Trabajos recientes de FISHER (1982), sugieren que el ligero movimiento polar posterior del cristalino durante la acomodación, no depende de la cápsula.

Sin embargo los cambios que ocurren en la superficie anterior de cualquier manera requieren la influencia capsular (ADLER, 1988).

KORETZ y HANDELMAN (1982), también hacen referencia a estudios sobre como la cápsula moldea la forma de la lente según su diferente grosor a lo largo de su superficie, dando como resultado diferentes "tensiones" en relación con el grosor de la cápsula; hipótesis empleada para el análisis de deformación de la cápsula de O'NEILL y DOYLE (1968).

Otros estudios de acomodación se basan en que las fibras lenticulares tiene propiedades contráctiles (GILLESSIN, 1938; KLEIFELD, 1956; KIBBELAAR 1980). La estimulación eléctrica de las fibras lenticulares produce una variación de su grosor y un movimiento de unas fibras hacia otras. El contenido de azúcar y ácido láctico decrece y se incrementa el consumo de oxígeno durante la acomodación, ésto sugiere un gasto de energía por el

cristalino más que una deformación pasiva imprimida sobre el cristalino por la cápsula. Recientes análisis bioquímicos del cristalino demuestran la presencia de "actina" en las fibras lenticulares (la actina es uno de los 2 filamentos proteínicos que se encuentran en las fibras musculares). Estos filamentos conectan e interdigitan con los filamentos de miosina en el músculo. En la relajación tiran y en la contracción se deslizan unos sobre otros. El ATP está íntimamente involucrado en éste proceso. La actina también puede estar relacionada en la acomodación: puede ser un elemento citoesquelético que capacita al cristalino a restablecer su forma en la acomodación y que asemeja el cristalino a un elemento contráctil primitivo. El ATP lenticular ya se ha demostrado que existe. En cristalinos de animales que muestran poca capacidad de acomodación se ha encontrado baja cantidad de ATP. Cristalinos con alto poder de acomodación tienen niveles significativos más altos de ATP. Una base molecular para la acomodación podría ser una posibilidad, pero se necesita experimentación más avanzada que sustente éstas teorías. (ADLER-GRINBERG, 1987).

Las proteínas citoesqueléticas en cristalinos de humanos adultos son similares a las proteínas lenticulares de mamíferos (RAFFERTY, 1978; MAISEL, 1984). Esto sugiere que éstas proteínas, incluida la actina juega un papel en la elongación celular y confieren flexibilidad a las fibras lenticulares así como una función cito-estructural.

En resumen, la teoría tradicional de HELMHOLTZ modificada por FINCHAM se mantiene tambaleante, con ciertas modificaciones realizadas por científicos actuales. Las investigaciones recientes caracterizadas por los estudios específicos sobre las propiedades estructurales y funcionales del cristalino y la cápsula, encajan dentro de la teoría de la relajación. La idea de que el cristalino es un elemento contráctil es de gran interés en la base molecular de la acomodación.

En la actualidad sabemos que la teoría de acomodación es dual, indirecta y activa (STARK, 1987; SUN, 1988) y la explicación del mecanismo básico de la acomodación puede atribuirse a la teoría tradicional modificada por científicos actuales.

- Es dual porque existen mecanismos lenticulares, incluyen al propio cristalino y a la cápsula y mecanismos extra lenticulares, que comprenden la zónula de Zinn o ligamento suspensorio y el músculo ciliar.
- Es indirecta, ya que sostiene que el músculo ciliar no actúa directamente sobre el cristalino (y cápsula), pero sí indirectamente a través de su acción sobre la zónula de Zinn.
- Es activa, la contracción activa del músculo ciliar, un músculo unificado, produce acomodación, la relajación del músculo ciliar permite la relajación de la acomodación.

De acuerdo con las nuevas teorías de acomodación; y conociendo el origen e insercción del músculo ciliar, se observa que (Fig. 3):

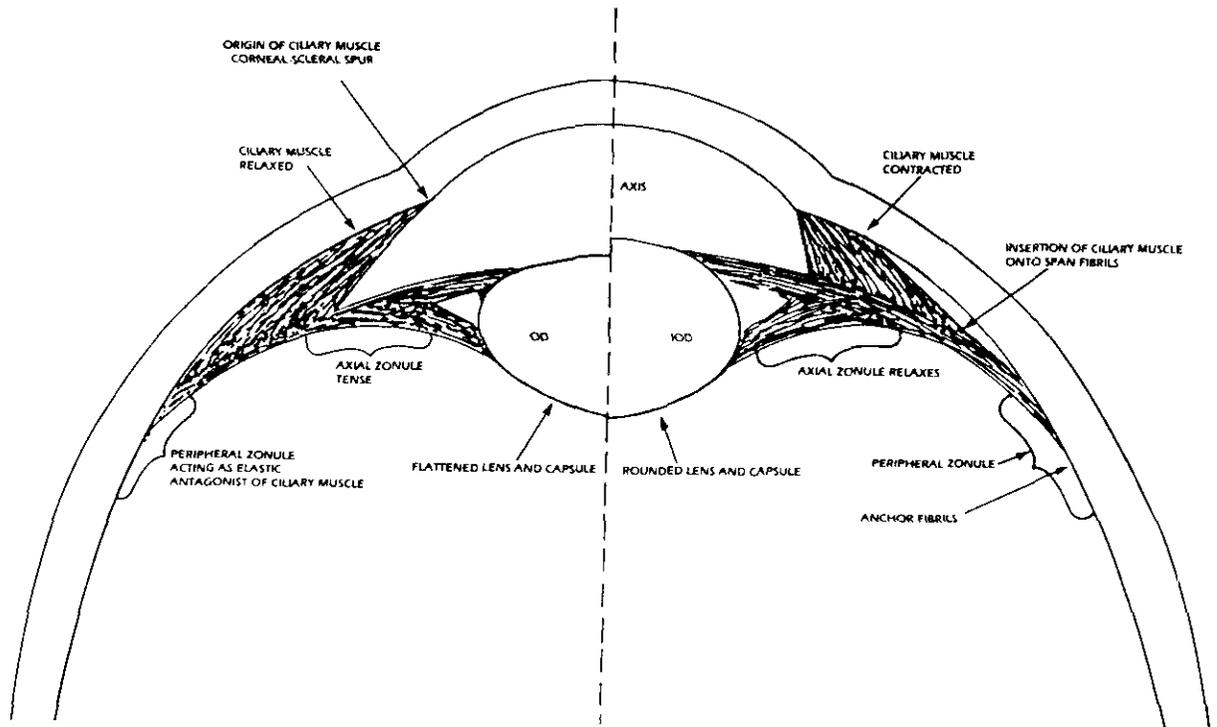


Fig. 3: Mecanismo de la acomodación (Tomada de Stark y Obrecht, 1987)

Cuando se contrae el músculo ciliar, tira de las fibras de Span (ROHEN, 1979) y éstas tensan la porción periférica de las fibras principales de la zónula, liberando de la tensión a la porción axial de la zónula y permitiendo al cristalino y cápsula redondearse y acomodarse bajo la influencia de su propia viscoelasticidad (FISHER, 1971, 1973a).

Con la contracción del músculo ciliar la coroides es estirada hacia adelante, observándose un desplazamiento hacia adelante de la ora serrata de 0,05 mm. por cada dioptría de acomodación (ENOCH, 1983).

Cuando se relaja el músculo ciliar, la zónula periférica previamente tensada, ahora tira del músculo ciliar relajado, extendiendo las fibras del músculo hasta su longitud en estado relajado. La porción periférica de la zónula se acorta bajo su propia elasticidad cuando no está extendida por la contracción muscular, produciéndose una tensión en la zónula axial, que aplasta y comprime la cápsula del cristalino a nivel ecuatorial, dando lugar a la relajación de la acomodación cristaliniana (ROHEN, 1979; BORNFIELD, 1974; KAUFMAN, 1979).

Así, vemos como la porción periférica de la zónula actúa como el antagonista elástico del músculo ciliar (STARK, 1987).

1.6.- PAPEL DEL VÍTREO EN LA ACOMODACION.

¿Interviene el vítreo en la acomodación?

Clásicamente no se ha tenido en cuenta el papel del vítreo en la acomodación.

HELMHOLTZ (1855) refiere que la cápsula posterior del cristalino se desplaza hacia atrás 0,05 mm durante la acomodación y por tanto éste desplazamiento demostraría que el vítreo no ejerce presión durante la acomodación.

FINCHAM (1937) observa como el vítreo parece estar adherido a las fibras zonulares posteriores, actuando como una barrera al movimiento polar posterior.

Para COLEMAN (1970), el que no se produzca desplazamiento polar posterior durante la acomodación, es debido a la presión vítrea ejercida en la parte posterior del cristalino; y además puntualizó que el tercio anterior del vítreo es la porción más solidificada, y que el vítreo está adherido a la ora serrata, e hipotetizó que el vítreo y la zónula forman un diafragma semipermeable entre la cámara anterior y al cámara vítrea. Explicando así el movimiento traslacional hacia adelante del cristalino durante la acomodación, resultante de la presión vítrea contra él, así como, demostró que el cristalino cae hacia

adelante cuando se mira hacia abajo, pero que existe una resistencia a caer hacia atrás cuando la persona mira hacia arriba. Para él, ésta era la prueba de que el vítreo sostiene al cristalino.

SUZUKI (1971), en estudios experimentales sobre acomodación con técnicas de inyección de contraste demuestra que existe cierta corriente continúa en el vítreo durante la acomodación, que podría ejercer una presión pasajera sobre la porción posterior de la lente. SUZUKI (1973) observa que los movimientos vítreos son posiblemente causados por el movimiento hacia adelante de la coroides, sobre la cual yace; y presionarían al cristalino hacia adelante. Esto soportaría las opiniones de TSCHERNING (1900), LUEDDE (1927), BERENS (1946) y COLEMAN (1970), quienes insistieron en que el efecto de la presión vítrea sobre el ecuador cristaliniano, era la causa deformante del cristalino. Pero la presión observada en éste estudio ocurría pasajeramente solo al principio de la acomodación, ya que la coroides cesaría su movimiento después del inicio de la acomodación.

De esta forma, éste movimiento vítreo no podía explicar la presión continúa, y para su entendimiento algún mecanismo, como el propuesto por COLEMAN (1970) sería necesario.

FISHER (1982), mediante estudios in vitro, demuestra que la diferencia entre el movimiento polar posterior y

anterior está solamente relacionado con la unión zónulo-lenticular. Realiza un estudio en pacientes vitrectomizados no observando diferencia alguna de acomodación en un ojo tras vitrectomía con relación al otro ojo normal (FISHER, 1983), pero era menos estable en posición.

RABIE y STEELE (1986) en un estudio sobre la acomodación de sujetos emétopes y miopes, observaron como los cambios en la longitud de la cámara vítrea, no afectan mucho el poder óptico del cristalino.

KORETZ y HANDELMAN (1988), sin embargo, hablan de una posible intervención del vítreo en el mecanismo de acomodación, ya que resulta curioso que a la edad en que comienza la presbicia, el humor vítreo geliforme, empieza a licuarse, y a perder su ultra-estructura; por ello aunque se desconoce la contribución exacta de esa licuefacción a la pérdida de capacidad de acomodación, en algo debe afectar.

KARPOUZAS (1992), en su actual modelo experimental sobre acomodación indican que el vítreo contribuye al desplazamiento anterior de el cristalino durante la relajación zonular.

1.7.- MÉTODO DE ESTUDIO DE LA ACOMODACIÓN: AMPLITUD DE ACOMODACIÓN.

1.7.1.- DEFINICIÓN.

Como ya se ha descrito, la acomodación, es la propiedad que posee el cristalino de modificar su potencia, de manera que la imagen retiniana sea nítida cuando el objeto se desplaza entre dos puntos, llamados: punto remoto (r) y punto próximo (p) (SARAUX y BIAIS, 1979).

Punto remoto, es la distancia más lejana a la que puede verse claramente un objeto (DUKE-ELDER, 1985; SARAUX, 1979), cuando la acomodación se halla relajada por completo (MAXWELL, 1937; FUCHS, 1958), y la refracción del ojo está al mínimo (DUKE-ELDER, 1985); adquiriendo el cristalino su curvatura mínima al estar enfocado para dicho punto (MARQUEZ, 1934,1981).

Punto próximo (p.p.), es el punto más cercano que puede verse claramente (SARAUX, 1979; DUKE-ELDER, 1985), cuando la acomodación actúa al máximo (MAXWELL, 1937; FUCHS, 1958) y la refracción del ojo está al máximo (DUKE-ELDER, 1985), adquiriendo el cristalino su curvatura máxima al estar enfocado para dicho punto (MARQUEZ, 1934,1981).

Entre el punto remoto y el p.p. existe una extensión lineal, en la que el ojo es capaz de adaptarse a las diferentes distancias (MAXWELL, 1937; MARQUEZ, 1934,1981; FUCHS, 1958), es decir, aquella sobre la que es eficaz la acomodación (DUKE-ELDER, 1985); ésto es lo que se llama "trayecto, rango o recorrido de la acomodación" y se expresa en metros: $a = r - p$

La diferencia de refracción del ojo en ambas situaciones (en reposo, con refracción mínima, y completamente acomodado con refracción máxima) se denomina "amplitud de acomodación" (A.A.) (MARQUEZ, 1934,1981; MAXWELL, 1937; MAGITOT, 1946; PARSONS, 1946; FUCHS, 1958; SARAUX, 1979; GIL DEL RIO, 1984; DUKE-ELDER, 1985). Se expresa en dioptrías, y equivale a la diferencia entre las inversas de las distancias del próximo y del remoto. Llamando r y p, respectivamente, a las distancias del remoto y del próximo, dicha diferencia se expresará por: $1/p - 1/r$. Si hacemos $1/p = P$ y $1/r = R$, y si llamamos A a la A.A., ésta se expresará más simplemente así: $A = P - R$, que expresaría el poder dióptrico de la lente positiva que el ojo se añade a sí mismo por el acto de la acomodación (DONDEERS, 1864).

Básicamente (PASCAL, 1952), la acomodación es generalmente medida en unidades puramente ópticas como el poder del cristalino, es decir, en dioptrías.

Existe una diferencia en la cantidad de actividad acomodativa entre el emétrope natural y el emétrope corregido.

El emétrope natural acomoda una dioptría cuando enfoca un objeto a 1 metro del ojo. Sin embargo, en general, el hipermétrope corregido enfocando a una distancia de 1 metro siempre acomoda más de 1 dioptría, mientras el miope corregido enfocando a una distancia de 1 metro siempre acomoda menos de 1 dioptría.

La diferencia en la cantidad de acomodación entre el emétrope natural y el emétrope corregido se obtiene más fácilmente midiendo lo que se denomina "unidad acomodativa", que es realmente la unidad de acomodación fisiológica y se define como la cantidad de acomodación en dioptrías necesaria para enfocar a una unidad de distancia, es decir, a una distancia de 1 metro desde el ojo.

La simple expresión para esta unidad es: $U = 1 + 2 dL$, en la cual "U" es el valor de la unidad, "d" la distancia en metros entre la lente de corrección y el ojo; y "L" es la potencia de la lente correctora. La distancia "d" debe ser tomada como 20mm. [0,020 mts.] para lentes convexas y 15mm. [0,015 mts.] para lente cóncavas).

La fórmula simplificada sería:

* $U = 1 + 4 \% L$ (para hipermétropes corregidos)

* $U = 1 - 3 \% L$ (para miopes corregidos)

Según la "Teoría Clásica", el punto remoto en el emétrope se sitúa en el infinito óptico (HELMHOLTZ, 1855; MARQUEZ, 1934,1981; MAXWELL, 1937; PARSONS, 1946; FUCHS, 1958; DUKE-ELDER, 1969,1985; SARAUX, 1979), y por ello es importante considerar, que la noción de infinito no se adapta al concepto matemático, ya que desde el punto de vista óptico, se entiende por infinito, aquella distancia, a partir de la cual, los rayos luminosos llegan paralelos al ojo, a una distancia de 5 metros y es en ese punto cuando la acomodación prácticamente no actúa (SARAUX y BIAIS, 1979).

Así, como tratándose del ojo emétrope $r = \infty$, y $1/r$, o sea, $1/\infty = 0$, entonces $R = 0$, la fórmula se convierte en: $A = P$; o sea, que la A.A. en el emétrope se expresa por la inversa de la distancia del p.p. al ojo, o lo que es lo mismo, por el valor de esta distancia, expresado en dioptrías (MARQUEZ, 1934,1981).

El punto remoto, en el hipermétrope se sitúa más allá del infinito (remotum virtual detrás del ojo) y en el ojo miope, antes de alcanzar el infinito (remotum real delante del ojo) (GIL DEL RIO, 1984), es decir, a una distancia finita del ojo.

Así los hipermétropes sin corrección acomodan más que los emétropes, y a su vez éstos más que los miopes sin corrección (DUKE-ELDER, 1969,1985; SARAUX y BIAIS, 1979).

Existen en la literatura dos puntos de vista opuestos sobre el estado de reposo de la acomodación; es decir, de acuerdo a la teoría clásica, el foco del ojo emétrope relajado, corresponde al infinito óptico (HELMHOLTZ, 1855; MARQUEZ, 1934,1981; MAXWELL, 1937; PARSONS, 1946; FUCHS, 1958; DUKE-ELDER, 1969,1985; SARAUX, 1979); y según la hipótesis de la posición intermedia de reposo (MORGAN, 1946; OTERO, 1951; SCHOBER, 1954) sostiene que el punto de reposo no se corresponde con el infinito, sino con una distancia intermedia del orden de 1 metro.

HENNESSY (1976) para comparar experimentalmente estos dos puntos de vista, utilizan un método que consiste en reducir el tamaño de la pupila, ya que con pupilas más pequeñas, son necesarias menos dioptrías progresivamente para enfocar la imagen retiniana, por el aumento correspondiente de la profundidad del campo. Así, si el tamaño pupilar se reduce, existe menor necesidad funcional para acomodar, y sería de esperar que el ojo volviese pasivamente a su equilibrio o foco de reposo, correspondiente a una distancia intermedia (\approx 1 metro).

POST, OWENS y LEIBOWITZ (1979) en sus estudios están de acuerdo con la noción, de que en ausencia de un estímulo adecuado para la acomodación, el ojo vuelve a un estado refractivo intermedio que muestra una variación considerable de un sujeto a otro (LEIBOWITZ y OWENS, 1978) y que se ha

denominado "foco de reposo" (TOATES, 1972), o "foco oscuro" (LEIBOWITZ y OWENS, 1975).

BOUR (1981), DENIEUL (1978), en estudios sobre las fluctuaciones de la acomodación, observan que en el ojo emétrope las oscilaciones en la potencia del cristalino son mínimas cuanto mayor es la distancia a la tarjeta (optotipo). Existe un mínimo de oscilación para niveles de acomodación entre 2D y 3D, los cuales se podrían corresponder con el estado de reposo de la acomodación (TOATES, 1972; LEIBOWITZ y OWENS, 1978). También se han encontrado ciertas variaciones de la acomodación a lo largo del día (AMERSON, 1988).

MADDOCK y MILLODOT (1981), en base a sus estudios definen la A.A. de lejos, como la diferencia entre el punto de reposo y el punto remoto de la acomodación, denominándola "acomodación negativa", observando asimismo:

- una variación considerable para cada sujeto, en el punto de reposo ($\approx 0,5D$ según CHARMAN, 1978).
- valores dióptricos menores del punto de reposo para miopes corregidos, mayores para hipermétropes corregidos e intermedios para emétropes.
- una correlación positiva muy significativa entre el punto de reposo y el p. remoto.
- ninguna relación entre el punto de reposo y el p.p.
- un valor medio del punto de reposo de 1,25 D, similar al reportado por LEIBOWITZ y OWENS (1978).

Para GARNER (1983), el punto de reposo representa un estado intermedio entre la inervación mínima simpática y parasimpática, produciendo un tono del músculo ciliar normal y equilibrado (CHARMAN, 1978,1982). Este punto de reposo o punto obscuro de acomodación está entre 1 y 2 D, es decir, el ojo en ausencia de un estímulo suficiente enfoca a aproximadamente 50 y 100 cm.

Según GARNER (1983), el bajo valor del punto de reposo de los miopes reportado por MADDOCK (1981), puede reflejar el estado de tono del músculo ciliar, resultante de una rama simpática hiperactiva, como consecuencia de la adaptación o tendencia a la emetropización del ojo. Un razonamiento similar nos daría el alto valor del punto de reposo de los hipermétropes, asociado con una inervación parasimpática fuerte.

EPSTEIN (1984) en un estudio sobre la correlación entre la A.A. y la miopía nocturna, además de observar que la miopía nocturna es el resultado de un estado intermedio de reposo de la acomodación, refiere que así como la A.A. decrece con la edad, también lo hace la latitud del estado de reposo de la acomodación, así como la capacidad para desarrollar miopía nocturna.

Teoría que se opone a estudios anteriores (MERSHON, 1980; MILLER, 1978), que refieren que los valores del punto de reposo son bastante estables a lo largo de los años.

1.7.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AMPLITUD DE ACOMODACION.

La A.A. depende de los siguientes factores:

- A).- Características del estímulo:
 - * La iluminación.
 - * El contraste.
 - * El tamaño del objeto.
- B).- Distancia del objeto.
- C).- Agudeza Visual.
- D).- Tamaño pupilar.
- E).- Fatiga visual.
- F).- Componentes subjetivos.
- G).- Métodos y aparatos de medición de la A.A.
- H).- Edad/A.A..
- I).- Error de refracción/A.A..

A) Características del estímulo.

- * La iluminación.

Parece que no existe unanimidad de criterio en el tipo de iluminación del optotipo para el estudio de acomodación, así:

- MADDOCK (1981) mide el p.p. con optotipo de cerca (letras de Sloan) con 1,6 cd/m².
- EPSTEIN (1984) utiliza un láser optómetro para calcular el p.p., con iluminación fotópica (120 cd/m²).
- WARD y CHARMAN (1985), para su estudio sobre la respuesta de acomodación a un estímulo, utilizan tarjeta de Snellen, con iluminación constante de 600td.
- NEVILLE (1986) para la obtención del p.p., utilizan tarjeta de visión próxima, con iluminación de 80 cd/m².

También se ha observado, como con fuerte iluminación, la acomodación es más exacta y con bajos niveles de iluminación, aparece un error en las medidas de acomodación (LEIBOWITZ, 1975), así como una reducción en la A.A. a medida que disminuye el nivel de iluminación del objeto observado (MOSES, 1988).

*** El contraste.**

Destaca la influencia que el contraste y la frecuencia espacial tienen sobre la acomodación. Se ha sugerido que en tareas acomodativas, se requiere menor frecuencia espacial para enfocar una tarjeta, que para mantenerla enfocada (CHARMAN, 1977). Asimismo OWENS (1980), observa un aumento en el estado fijo de acomodación con frecuencias espaciales más altas (> 10 cd/deg), en relación a la acomodación obtenida con menores frecuencias espaciales.

Posteriormente BOUR (1981), mediante un optómetro infrarrojo dinámico de alta velocidad, monitoriza de forma objetiva y continua el estado refractivo del ojo, utilizando un estímulo fuerte (línea blanca y negra de alto contraste con alto nivel de iluminación (1000 cd/m²)) para mantener un estado fijo de acomodación, observando que la respuesta acomodativa a una tarjeta (estímulo) se reduce, cuando disminuye la percepción de la tarjeta, por el aumento de su estimulación y/o por una remarcada disminución del contraste

de la tarjeta. Siendo, sin embargo, estas respuestas óptimas a frecuencias espaciales intermedias (OWENS, 1985).

En estado fijo de acomodación, las fluctuaciones en la acomodación de la tarjeta son mínimas para contrastes algo menores del 100%.

Asimismo, seis años más tarde se observa, mediante optómetro subjetivo, que a bajas frecuencias espaciales, podría ocurrir un error acomodativo considerable ($< 2,5$), con una reducción de sólo el 25% de contraste, en adultos jóvenes; afectándose más los grupos de mayor edad (CIUFREDA, 1987).

A la vista de los resultados, los optotipos ideales para el estudio de la acomodación deben tener "altas frecuencias espaciales", que puedan ser medidas y definidas, siendo sensibles a los errores refractivos que sufre el contraste de su imagen (WEALE, 1989).

Algunos de los autores revisados (MADDOK, 1981; NEVILLE, 1986) obtienen el p.p. de acomodación mediante un optotipo de cerca con un 70% de contraste.

*** El tamaño del objeto.**

Parece que en trabajos recientes sobre la acomodación (OWENS, 1975; MADDOK, 1981; WEALE, 1989)

destacan la importancia del tamaño del objeto, en los resultados de acomodación.

Por otra parte, se ha observado que el tamaño angular de la tarjeta-optotipo, aumenta a medida que se aproxima al ojo del sujeto, aunque se demostró que no tenía gran efecto sobre los resultados (NEVILLE, 1986).

B) Distancia del objeto.

Parece que la distancia del objeto puede influir en el resultado de la acomodación, en base a la disminución de la agudeza visual en visión próxima, como ha sido reportado, por BLOOM y BERKLEY (1977) en un estudio experimental con gatos, observando la disminución de agudeza visual cuando "el objeto estímulo" se coloca a una distancia inferior a 25 cm.; así como, por SAWIRES (1979), quién encontró además del descenso de agudeza visual en visión próxima, cambios considerables de agudeza visual entre 24 mts. y 10 cm.

Otros autores refieren que para un estudio de demanda de agudeza visual, la distancia del estímulo, se debería corresponder con el punto de reposo específico del sujeto (LEIBOWITZ, 1975); ya que a pesar de que las variaciones en la distancia del objetivo al punto de reposo estimulan la acomodación, se ha observado que a bajos

niveles de estímulo (tarjeta de lejos) ocurre exceso de acomodación, mientras que a altos niveles de estímulo (tarjeta proxima) la respuesta de acomodación es insuficiente. La respuesta es igual al estímulo, sólo a un nivel intermedio o estado de reposo, de aproximadamente -1,5 dioptrías, que se corresponde con una tarjeta-optotipo colocada a ≈ 67 cm. del ojo. Por lo tanto, la agudeza visual sería óptima cuando el objeto-estímulo está a ese nivel, existiendo un rango de -1 a -3 D, para emétopes, donde no se produce error en la respuesta. Estímulos fuera de este rango, producirían un error importante entre estímulo y respuesta de ≈ 1 D, tendiendo el sujeto a volver al estado de reposo ($\approx 1,5$ D) cuando no consigue enfocar con nitidez (CHARMAN y WHITEFOOT, 1978).

Asimismo, en estudios sobre el comportamiento de la acomodación, en base al grado de borrosidad con respecto a la distancia de visión de una tarjeta, se ha observado, que el creciente emborronamiento de la tarjeta, a medida que se aproxima al sujeto, conduce a un esfuerzo de acomodación con respecto a la posición de reposo, resultando una acomodación baja. Mientras que, al aproximar la tarjeta al punto de reposo, nos lleva a mayor precisión en la agudeza y menor esfuerzo acomodativo (KORGE y KRUEGER, 1984).

C) Agudeza visual.

Respecto a la influencia de la agudeza visual en la determinación de la acomodación, se ha observado que el ojo acomoda mejor cuando mira hacia adentro, y mejor aún si lo hace hacia bajo y adentro, y se ha comprobado lo contrario para arriba y para afuera (RIPPLE, 1952). Por lo que, los optotipos de visión próxima se deben utilizar en la posición habitual de lectura para el estudio de la acomodación (GIL DEL RIO, 1984).

También, se han encontrado diferencias en la agudeza visual tomada con Test de Landolt-C, en las cuatro direcciones principales de la mirada, aumentando esta diferencia en visión próxima, pero nunca de forma regular, ni en una dirección determinada (SAWIRES, 1979).

La mejor agudeza visual se consigue cuando se toma con un test blanco sobre fondo negro, mas que con un test negro sobre fondo blanco (SAWIRES, 1979).

D) Tamaño pupilar.

Es conocida, la influencia que el tamaño pupilar tiene, sobre la respuesta de acomodación a un estímulo, destacando como con pupilas en estado natural, la respuesta

acomodativa se corresponde más con la distancia del objetivo, mientras que con pupilas de menor tamaño (pupilas artificiales), disminuye la influencia de la distancia del objetivo, se reduce el rango de acomodación, y disminuye la respuesta acomodativa (HENNESSY, 1976; WARD, 1985; BLOOM, 1977).

De esta forma, el descenso de la A.A. con pupilas más pequeñas (estenopeicas) se produce a causa del aumento de profundidad de campo, a medida que se reduce el tamaño pupilar (RIPPS, 1962). Por el contrario, las pupilas grandes, reducen la profundidad de campo y aumentan la necesidad de acomodación (BLOOM y BERKLEY, 1977).

A estos estudios, se añaden los de MARG (1987), quien observa, que el incremento de la profundidad de foco con la edad, se debe, a la disminución del tamaño pupilar, así como a cambios en las estructuras oculares, que reducen la profundidad de foco, mediante reducción de la agudeza visual.

Puesto que las pupilas normales menores de 2 mm., son raras, la profundidad de foco añade al valor de la A.A. 0,50 D o menos (MARG, 1987).

Por lo tanto, parece que el problema del defecto de profundidad de foco, en la variación de la A.A. con respecto a la edad, se podría resolver, utilizando una pupila

artificial de 2 mm. para todas las edades, ya que así su efecto de difracción sería pequeño, constante y calculable (WEALE, 1989).

E) Fatiga visual.

Existe controversia de opiniones, respecto a la influencia sobre los resultados de acomodación, tras sesiones de fatiga visual, ya que algunos autores, tal como PIGION (1985), no encuentran cambios significativos en acomodación estática, medida con optotipos de lejos y cerca, tras sesiones de fatiga visual. Sin embargo, posteriormente, se han observado, mayores variaciones del p.p. de acomodación, entre el comienzo y el final de cada jornada laboral y de cada semana, en el grupo de estudio, tras intenso esfuerzo visual, así como, cambios significativos en el estado de reposo de la acomodación (OWENS, 1987). Variaciones que se relacionan significativamente con la presencia de cefaleas, utilización de corrección e iluminación insuficiente.

F) Componentes subjetivos.

KORGE y KRUEGER (1984) en un estudio sobre el comportamiento de la acomodación, observan como ciertos

componentes subjetivos, tales como, pereza acomodativa y demanda cognitiva, pueden influir sobre la acomodación.

G) Métodos y aparatos de medición de la A.A..

Los autores revisados en la bibliografía emplean la siguiente metodología:

1.- Emetropización del sujeto (corrección del error refractivo de lejos).

2.- Agudeza visual. Todos los sujetos estudiados presentan agudeza visual de 20/20 con o sin corrección.

3.- Medición de la acomodación:

* Estudio monocular (DUANE, 1912; SHEARD, 1918; HOFSTETTER, 1944,1965; HAMASAKI, 1956; KRIMSKY, 1959; RAMBO, 1960; CHARMAN, 1978; MILLODOT, 1981; TOTA, 1981; EPSTEIN, 1984; PIGION, 1985; NEVILLE, 1986; MARG, 1987; SUN,1988; CHARMAN, 1989).

* Estudio binocular (DONDEERS, 1864; ALLEN, 1961; KAIMBO, 1988).

* Estudio monocular y binocular (FITCH, 1971; HENESSY, 1976; MIRANDA, 1979, 1987; KORGE, 1984).

4.- Tipo de "test-objeto" (optotipo):

* DUANE (1912), diseña un test-objeto, que lleva su nombre y consiste en una línea negra de 3 mm. de largo por 0,15 mm. de diámetro, que divide un pequeño paralelogramo blanco, el cual está montado en un disco de terciopelo negro.

* RAMBO y SANGAL (1960), utilizan un test, con un signo en forma de cruz, de 4 mm. de largo por 0,25 mm. de ancho, negro sobre fondo blanco.

* KAIMBO (1988), utiliza un test compuesto por dos finas líneas horizontales paralelas, separadas entre ellas por décimas de mm.

* Algunos autores, utilizan un test "optotipo" de visión próxima, de diferentes características:

- ALLEN (1961), test de cerca (línea equivalente J1)

- MIRANDA (1979 y 1987), test de cerca (letras de 0,485 mm. de altura, negras sobre fondo blanco no brillante).

- NEVILLE (1986), test de cerca (letra central de la línea N 5 con 70% de contraste).

- CHARMAN (1978), PIGION (1985), optotipo estándar de visión próxima.

* Otros autores no utilizan test estándar de visión próxima, sino tarjetas especiales de diferentes tamaños de letras (KRIMSKY, 1959; FITCH, 1971; MILLODOT, 1981; EPSTEIN, 1984; HENNESSY, 1976) o de alto contraste (BOUR, 1981).

5.- Métodos de estudio:

* Métodos subjetivos:

Directos.

- Método de DUANE (1912) o método de "claridad a borrosidad". Consiste en acercar gradualmente el "test-objeto" al ojo, hasta que el test no se pueda ver con claridad, lugar donde se localiza el p.p..
- Método de SHEARD (1918) o método "de la borrosidad hacia la claridad". Consiste en acercar el "test-objeto" hacia el ojo, hasta su completa borrosidad; a continuación el objeto es desplazado lentamente hasta que se puede identificar de nuevo claramente, lugar donde se localiza el p.p..

Ambos métodos también denominados "push-up", se utilizan directamente para obtener el p.p. mediante un "acomodómetro". El p.p. obtenido, es transformado en dioptrías para obtener el valor de la A.A..

El lugar de medición del p.p. en el ojo, varía según los estudios revisados en la bibliografía, así:

- DONDERS (1864) y DUANE (1912), miden el p.p. a 13 mm. de la córnea, así como FITCH (1971); obteniendo valores superiores a los obtenidos al realizar la medición desde la córnea.
- SHEARD (1918) y RAMBO (1960) miden el p.p. desde

el limbo esclero-corneal.

- KRIMSKY (1959), MIRANDA (1979, 1987) y EPSTEIN (1984), miden el p.p. desde la superficie anterior de la córnea.

Indirectos.

También se puede obtener el p.p. indirectamente con:

- El "método de lentes esféricas cóncavas". Basado en que con una lente divergente se puede anular el aumento del poder convergente que el ojo efectúa durante la acomodación, y por otra parte, se puede compensar la disminución de la potencia dióptrica que produce una lente divergente, por medio de un esfuerzo acomodativo. Según el siguiente procedimiento (SHEARD, 1918): se le hace al paciente mirar monocularmente el objeto, situado a $1/3$ metros del limbo; si el paciente no es presbita, verá el objeto claramente. Entonces se introducen lentes esféricas cóncavas, que se van aumentando sucesivamente en $-0,5$ D hasta que el paciente ve el objeto borroso. El valor de la lente es posteriormente disminuido hasta que el objeto se identifica claramente. Este valor de la lente cóncava sumado a las 3 D que fueron necesarias para fijar el objeto en primer lugar a $1/3$ de metro, representa el valor de la acomodación.

Para determinar el valor de la acomodación, en

pacientes presbitas que no pueden leer la tarjeta-optotipo a 33 cm., algunos autores (ALLEN, 1961; FITCH, 1971; MIRANDA, 1979, 1987), añaden lentes esféricas positivas para corregirlos a dicha distancia, siendo posteriormente el poder de esta lente sustraído de la amplitud computada; mientras que, otros autores, alejan el test-optotipo hasta la distancia en que aparece nítido, lugar donde se mide el p.p. (KAIMBO, 1988).

* *Métodos objetivos.*

- Método "stigmatoscopic" (BANON, 1950; HAMASAKY, 1956), utiliza un punto de luz muy pequeño sobre la fovea. El sujeto debe elegir entre el punto de menor tamaño, el más brillante o el de mejor contraste, y mover la tarjeta de forma que esté enfocada (psicofísicamente). A la vez, enfoca una tarjeta de lectura a una determinada distancia. Mientras el sistema acomodativo está enfocado a la tarjeta de lectura, el pequeño punto de "stigmatoscopic" no actúa como un estímulo para la acomodación, aunque su agudeza o borrosidad se pueden apreciar psicofísicamente.

La tarjeta del "stigmatoscopic" se suele colocar en un aparato óptico Badal (HAMASAKI, 1956; BRODKEY, 1967), cuya lente de Badal, minimiza el efecto de profundidad de foco de la pupila.

Así el método "stigmatosopic" elimina el efecto de profundidad de foco de la pupila en el estudio de la acomodación. Este método ha sido empleado más recientemente por MARG (1987).

Otros métodos objetivos, empleados por algunos autores son:

- Potenciales evocados visuales (P.E.V.) (MILLODOT, 1981).
- Autorrefractómetro con optómetro de infrarrojos (NISHIDA, 1990).
- Optómetro láser Badal (HENNESSY, 1976; MADDOCK, 1981).
- Optómetro láser (CHARMAN, 1977,1978; OWENS, 1980; EPSTEIN, 1984; RAMSDALE, 1985; PIGION, 1985).
- Optómetro de infrarrojos dinámico (CHARMAN, 1979; BOUR, 1981).

Los autores revisados en la bibliografía, para la obtención de la A.A., han utilizado uno o varios de los métodos anteriormente descritos, realizando asimismo un estudio comparativo entre los distintos métodos:

* Método "push-up" o de borrosidad:

- DONDERS (1864) mediante optómetro subjetivo.
- DUANE (1912) mediante optómetro subjetivo.
- HANLON (1987), empleando "regla del p.p."

* Método "push-up" o de "borrosidad hacia la claridad":

- SHEARD (1918)
- COSTENBADER (1957)
- KRIMSKY (1959), utilizando regla milimetrada para la obtención del p.p..
- ALLEN (1961).

* Método de "lentes esféricas":

- MIRANDA (1979, 1987), empleando un optómetro subjetivo; utiliza el método de "lentes esféricas negativas" con la particularidad, de que desplaza la tarjeta-optotipo, fijada a 33,3 cm., 1 cm. hacia adelante por cada D de potencia negativa introducida.

* Estudio comparativo con dos métodos subjetivos:

- RAMBO (1960), utiliza optómetro subjetivo y método push-up "borrosidad", y el método push-up "borrosidad hacia la claridad", observando valores de 0,129 D (aproximadamente 1/8 D) mayores con el método push-up borrosidad.
- FITCH (1971), mediante un acomodómetro subjetivo y empleando dos métodos, el de push-up "borrosidad" y el push-up "borrosidad hacia la claridad", observa valores superiores con el método push-up "borrosidad", especialmente por encima de los 40 años, donde la diferencia fue significativa. También encuentra valores superiores de A.A. obtenidos mediante la manipulación del test objeto por parte

del paciente, frente a los valores inferiores obtenidos por la dirección del médico.

- KAIMBO (1988), utilizando un aparato "osterberg binooculus", emplea dos métodos, el método push-up "borrosidad" y método "lentes esféricas", observando valores ligeramente superiores con el método push-up "borrosidad" para todas las edades, excepto para sujetos de 15 a 30 años, donde ocurre lo contrario (valores no significativos estadísticamente).

- NEVILLE (1986), empleando "regla del punto próximo" utiliza dos métodos, el método push-up "borrosidad hacia la claridad" y el método de "lentes esféricas" (borrosidad), obteniendo iguales valores con ambos métodos.

* Estudio comparativo entre método subjetivo y método objetivo:

- MARG (1987), compara el método push-up "borrosidad" y el método "stigmatosopic", obteniendo valores significativamente menores con el método "stigmatosopic", siendo la media de diferencia entre ambos métodos de 1,75D, para todas las edades, excepto a partir de los 52 años en que los valores de ambos se aproximan, ya que a partir de esta edad el defecto de foco no varía significativamente.

- SUN (1988), compara el método push-up "borrosidad" y el método "stigmatoscópico", observando un valor de 2D menor con el método "stigmatoscópico".

- MILLODOT (1981), compara sus resultados obtenidos mediante un estudio realizado con método objetivo de P.E.V., con los obtenidos con el método push-up "borrosidad hacia la claridad", observando que existe bastante correlación entre ambos, ya que, si bien, con el método objetivo de P.E.V. se obtienen valores más altos de A.A., ya que los P.E.V. se miden con un patrón de estímulo más largo que el de la regla del p.p. (lo que produce mayores valores de A.A.), sin embargo, la diferencia entre estos dos métodos se mitiga, debido a que el método push-up da valores mayores de A.A. por:

+) la profundidad de foco del ojo

+) el incremento de tamaño del objeto (optotipo) a medida que se aproxima al ojo.

+) el menor tiempo de visión del optotipo.

- NISHIDA (1990), compara el método subjetivo (acomodómetro) y método objetivo (autorrefractómetro con óptometro de infrarrojos), observando para todas las edades valores de amplitud de acomodación 2 a 3D menores con el método objetivo, que con el método subjetivo.

H) Edad / A.A.

Los primeros estudios realizados sobre la A.A. "binocular" se deben a DONDERS (1864), quien, utilizando el método de borrosidad, describe mediante una gráfica (Fig. 4) de A.A. frente a la edad, como la A.A., desde la infancia (sobre los 10 años), disminuye regularmente hasta alcanzar el valor cero sobre los 60 ó 70 años.

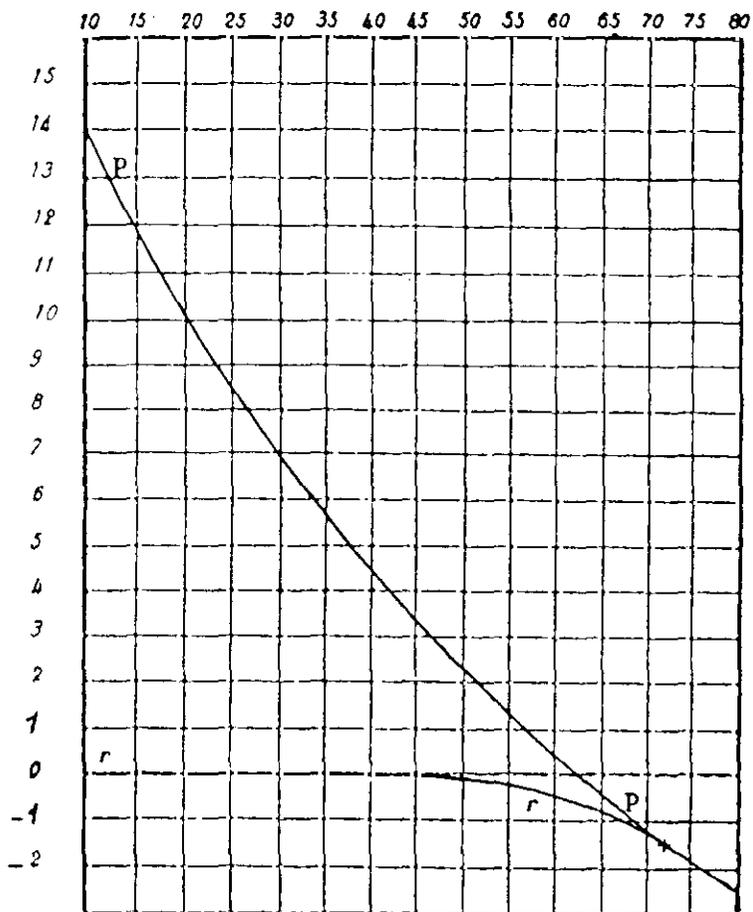


Fig. 4: Amplitud de acomodación binocular según Donders (Tomada de Marquez, 1981)

Medidas que se estandarizaron y fueron aceptadas universalmente durante muchos años, hasta que DUANE (1909, 1912), mediante una revisión de los datos de DONDERS (1864), así como, en base a sus propios datos obtenidos del estudio de A.A. "monocular" en 1.000 sujetos, mediante el método de borrosidad, muestra una nueva gráfica (Fig. 5) de A.A. frente a la edad, en la que se observan tres curvas; una curva "D" que representa la acomodación media, que ha sido descrita por otros autores, de poco significado, ya que su posición es más o menos arbitraria, y dos curvas "A" y "B" que representan los límites superior e inferior de acomodación normal. Datos aceptados desde entonces, por otros autores (FUCHS, 1923) en sustitución a los de DONDERS (1864).

Otros estudios han destacado, al igual que el de DUANE (1912), la gran variación de A.A. en individuos de la misma edad (MAXWELL, 1937).

La gran mayoría de los autores revisados en la bibliografía han realizado estudios comparativos de sus resultados de A.A. con los de DONDERS (1864) y DUANE (1912), observando ciertas diferencias en los resultados, según el método utilizado.

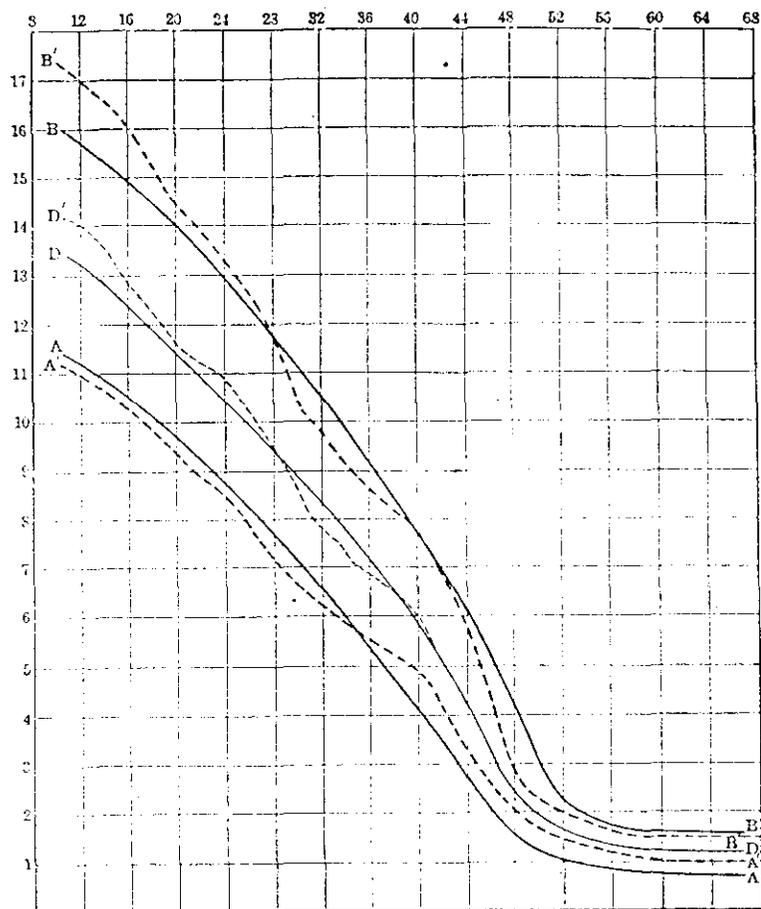


Fig. 5: Amplitud de acomodación monocular según Duane (1912).

En 1960, RAMBO y SANGAL, presentan un estudio de A.A. "monocular" respecto a la edad, realizado en la India, y comparan sus resultados con los de DONDERS (1864) y DUANE (1912) realizados en Centroeuropa.

Para su estudio utilizan los métodos de "Duane" y "Sheard" hasta los 37,5 años y sólo el de "Duane" hasta los 60 años, realizando la medición del p.p. al limbo esclero-corneal y obteniendo los resultados expuestos en la gráfica

(Fig. 6), que fueron comparados con los de DUANE (1912); observando que la acomodación media en el grupo de la India fue siempre inferior a la de Centroeuropa, excepto a los 10 años, que eran iguales (se cree debido a que todo el mundo presenta en la primera década de la vida la misma acomodación).

Age	Standard Error	Lower Limit	Mean	Upper Limit
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.0	0.368	12.54	13.52	14.51
15.0	0.208	10.76	11.32	11.87
20.0	0.253	7.55	8.23	8.91
25.0	0.245	6.60	7.26	7.92
27.5	0.214	5.72	6.29	6.87
30.0	0.162	5.25	5.69	6.12
32.5	0.162	4.50	4.94	5.37
35.0	0.210	4.08	4.65	5.21
37.5	0.205	3.00	3.55	4.10
40.0	0.083	1.01	1.22	1.42
42.5	0.087	0.83	1.03	1.24
45.0	0.064	0.60	0.77	0.95
47.5	0.067	0.42	0.64	0.87
50.0	0.040	0.50	0.62	0.74

Fig. 6: Acomodación media por grupo de edad. (Tomada de Rambo, 1960)

Destaca también en la gráfica de la India, dos tramos de mayor declive de acomodación, entre los 15 y 20 años (de 11,3 a 8,2 D) y entre los 37,5 y 40 años (de 3,5 a 1,2 D). Siendo a partir de los 45 años en el grupo de la India, y a partir de los 55 años en el grupo de Centroeuropa, las trayectorias de ambas gráficas horizontales, mostrando valores mínimos de acomodación constante, prácticamente iguales en ambos grupos.

También se observa, mediante estudio comparativo con método de "Duane" y método de "Sheard", como los valores son

superiores con el método de "Sheard", para todas las edades, excepto para el grupo de 37,5 años. Ésto demuestra que la estimulación es diferente en ambos métodos y las respuestas también son diferentes. Por tanto la A.A. no se considera un valor fijo a un punto, pero sí depende del método utilizado, ya que 5 diferentes métodos, darían 5 resultados diferentes en un mismo individuo.

Años más tarde, han surgido también estudios comparativos del método de Duane y Sheard, que contradicen los resultados de RAMBO y SANGAL (1960); tales como el estudio de A.A. binocular realizado en Zaire, por KAIMBO (1988), sobre 159 sujetos, entre 10 y 58 años; presentando en una tabla (Fig. 8) los valores medios de A.A. en función de la edad, obtenidos por ambos métodos. Observando, como los valores obtenidos con el método "push-up" (Duane), son superiores a los obtenidos con el método de "lentes esféricas" (Sheard), para cualquier edad, excepto sobre los 15 y 30 años, donde ocurre lo contrario (no siendo estadísticamente significativas las variaciones en todos los casos). Presentando la A.A., un descenso más acusado, entre los 30 y 40 años. También en la misma tabla (Fig. 7), comparan los resultados con los de otros autores, viendo como sus valores de A.A. por el método "push-up", se superponen con los de COATES (1955) y los de RAMBO y SANGAL (1960) hasta los 40 años, estando a partir de esta edad los valores algo elevados. Por el contrario, sus valores son

inferiores a los de DONDERS (1864), DUANE (1912).

Age	Duane [3] • push-up • (monoculaire)	Donders [2] • push-up • (binoculaire)	Jackson [14] verres sph. (binoculaire)	Sheard [13] verres sph. (monoculaire)	Rambo [11] • push-up • (binoculaire)	Coates [1] • push-up • (binoculaire)	Notre étude • push-up • (binoculaire)	
10	13,4	14	14	12	13,52	11,5	-	-
15	12,3	12	12	11	11,32	10	9,65	10,04
20	11,2	10	10	9	8,23	8,8	8,83	8,74
25	10	8,5	9	7,5	7,26	7,5	8,56	8,12
30	8,7	7	8	6,5	5,69	6,8	8,25	8,47
35	7,3	5,5	7	5	4,65	5,5	5,26	3,17
40	5,7	4,5	5,5	3,75	1,22	4	3,02	2,30
45	3,9	3,5	4	2,75	0,77	2,3	2,03	1,45
50	2,1	2,5	2,5	-	0,61	1,2	1,25	1,10
55	1,4	1,75	1,25	-	0,59	0,75	0,93	0,79
60	1,2	1	0,50	-	0,68	0,5	-	-

Fig. 7: Tabla de valores medios de amplitud de acomodación por grupos de edad, según diferentes autores. (Tomada de Kaimbo, 1988).

ALLEN (1961) compara los resultados de su estudio de A.A. "binocular" frente a la edad, con el estudio de DUANE (1912). Utiliza 100 sujetos de 41 a 70 años, midiendo el p.p. por el método de borrosidad y en la mayoría con la adicción de lectura, que es posteriormente substraida de la acomodación total, observando que sus resultados son algo superiores a los de DUANE (1912), debido en parte a su estudio binocular (y en parte a una persona que tenía una acomodación total muy alta a lo largo de los años, que al ser eliminada del estudio, se observó una disminución casi uniforme en relación a la curva de acomodación presentada).

Diez años más tarde, FITCH (1971), compara sus resultados de A.A. frente a la edad, con los de DONDERS (1864), DUANE (1912) y con el rango de amplitud de HOFSTETTER (1968). Realiza su estudio de A.A. "monocular" en

110 sujetos de 13 a 67 años de edad, observando variaciones en cada grupo de edad, así como aproximación de los resultados de los 4 autores sobre los 35 años, divergiendo dichos resultados por encima y por debajo de esta edad. (De su estudio se desprende, que los valores de A.A. más elevados, se obtienen, mediante estudio binocular, movimiento de la tarjeta hacia el sujeto y cuando el propio sujeto es el que desplaza la tarjeta).

Concluyendo, que el modelo de referencia de A.A. de DONDERS y DUANE, sólo puede ser comparativo a otros estudios, si se utilizan idénticos métodos, ya que cualquier variación en el procedimiento de obtención de la A.A., ya sea, la tarjeta optotipo, el punto de referencia o la iluminación, nos conduce a resultados diferentes de los esperados. Así como se ha visto que las tablas de DONDERS no se corresponden con sus datos brutos (difieren $\approx 0,50D$).

También se han realizado estudios de A.A. frente a la edad, en base al factor puramente geográfico, tales como los de MIRANDA (1979, 1987), que estudia en Puerto Rico, la A.A. binocular en 1000 pacientes, con edades comprendidas entre 30 y 65 años, dividiéndolos por grupos de edad, según su estado refractivo (emétropes y bajos amétropes (0 a $\pm 0,75D$), miopes de 1 a $2D$, miopes $> 2D$, hipermétropes de 1 a $2D$, e hipermétropes $> 2D$); utilizando el método de borrosidad de "Sheard" con lentes esféricas negativas, y en los pacientes presbitas con su corrección de presbicia;

presentando sus resultados en gráficos (Fig. 8), donde se puede observar, que los resultados de la totalidad de los casos, difiere muy poco de los obtenidos según su grado refractivo.

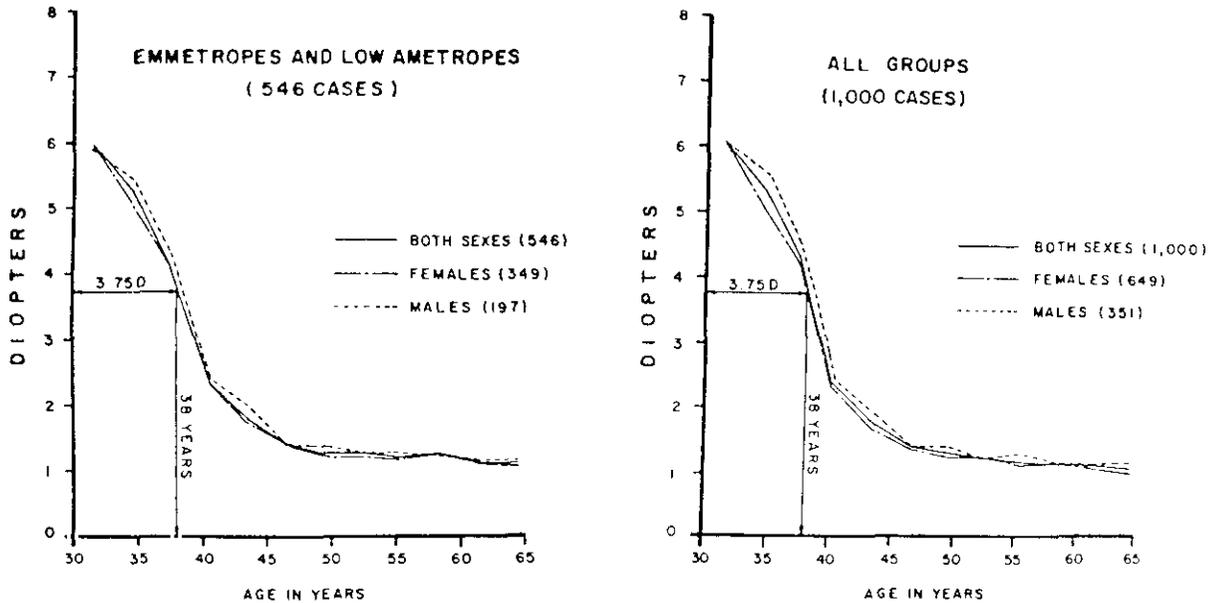


Fig. 8: La gráfica de la derecha representa la amplitud de acomodación en relación a la edad para toda la muestra; la gráfica de la izquierda representa la amplitud de acomodación en los emétopes y bajos amétopes. (Tomada de Miranda, 1987)

Otros autores han estudiado la A.A. en relación a la edad y miopía nocturna. EPSTEIN (1984), mide el p.p. en 10 sujetos de 20 a 65 años (hipermétropes corregidos), utilizando el método push-up de borrosidad y con adición de la corrección de cerca en los tres sujetos mayores. Observando como a medida que disminuye la A.A. con la edad, disminuye también la miopía nocturna.

Otros autores, comparan sus resultados objetivos de

A.A., con los resultados subjetivos de DONDERS (1864) y DUANE (1912).

Así MILLODOT y NEWTON (1981) miden la A.A. monocular en 44 sujetos, primero objetivamente, con P.E.V. , en respuesta a lentes negativas (observan que 2/3 de los sujetos, respondían al estímulo de la lente, aumentando su acomodación, con el fin de disminuir la borrosidad, mientras el otro tercio, aceptaba la borrosidad y acomodaba muy poco); y después subjetivamente con la regla de obtención del p.p. por método "push-up" (borrosidad), observando buena correlación entre los resultados obtenidos con ambos métodos.

Comparando gráficamente sus resultados de A.A. objetivos (P.E.V.), con la A.A. subjetiva de DONDERS y DUANE, observan A.A. mayores, principalmente en los sujetos jóvenes, con el método objetivo (P.E.V.); destacando asimismo, el rápido declive de acomodación hasta los 50 años, para posteriormente presentar un ligero descenso. (Parece ser, que la causa de obtener A.A. mayor con P.E.V. que con la regla del p.p., sería debida a que los P.E.V. son medidos con un patrón de estímulo más largo, que con la regla del p.p.).

Posteriormente MARG (1987) en sus estudios sobre A.A. monocular, en 106 sujetos, con edades entre 42 y 60 años, utilizando el método "stigmastoscopic" (HAMASAKI, 1956) (no incluye el defecto de foco del ojo) y el método

push-up (borrosidad); observan que los valores obtenidos con el método "stigmatoscopic" son significativamente menores que los obtenidos por método "push-up" borrosidad, con una diferencia media de 1,75D, producida por el defecto de foco del ojo.

Destacando, como con el método push-up, existe una rápida disminución de A.A. hasta los 50 años y después de esta edad los valores de A.A. se mantienen casi sin variación hasta los 60 años.

Similares resultados han sido reportados dos años más tarde por MILLODOT y MILLODOT (1989), quienes al estudiar la A.A. de 305 sujetos, de 40 a 83 años, observan tan solo una ligera disminución de A.A. por encima de los 52 años, lo que sugiere que después de esta edad, los resultados están basados en el defecto de foco del ojo.

Asimismo, KORETZ, (1989) comenta como la A.A. disminuye linealmente con la edad, para estabilizarse sobre los 50 años.

MARG (1987) al comparar sus resultados graficamente (Fig. 10), con los de DUANE (1912), DONDERS (1864), y HAMASAKI (1956), refiere que no hay razón para decir que sus valores difieran significativamente con los de estos autores, ya que la diferencia, tanto en la técnica (iluminación, tarjeta-optotipo, criterio para el punto borroso), como en el tamaño de la muestra, es considerable.

Sobre este mismo criterio, se basa el estudio realizado por SUN (1988), sobre los cambios de acomodación estáticos y dinámicos con relación a la edad. Estudia la A.A. mediante dos métodos:

- A.A. incluyendo el efecto del "defecto de foco" de la pupila. Mediante el método "push-up" (borrosidad), se estudiaron 12 sujetos, con edades entre 13 y 58 años. Observando (Fig. 11) el descenso de A.A. en función de la edad, que coincide con los resultados de MARG (1987). Destacando que sobre 0,2D de acomodación se pierde cada año de A.A., y esta disminución es casi constante hasta los 40 ó 50 años.

- A.A. no incluyendo el efecto de "defecto de foco" de la pupila. Mediante el método "stigmatosopic" se estudió la A.A., obteniendo resultados similares a los de MARG (1987). También se observó (Fig. 9) una disminución de A.A. constante, desde 7D a los 13 años a menos de 1D a los 40 años.

La equivalencia constante, entre los resultados (curvas) obtenidos mediante ambos métodos, sugiere un defecto de foco constante de aproximadamente 2 D. Resultados que han sido aceptados recientemente por WEALE (1989) y NISHIDA (1990).

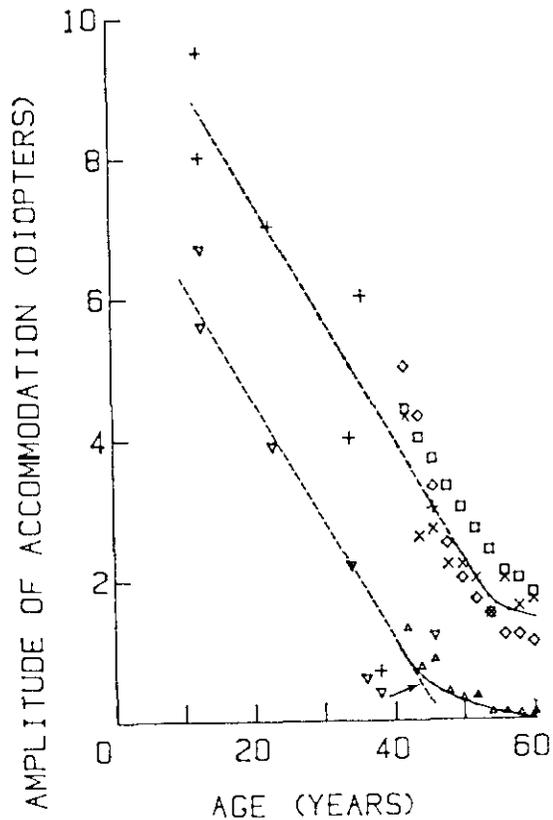


Fig. 9: La curva superior representa la amplitud de acomodación con relación a la edad obtenida por el método de borrosidad (push-up); la curva inferior representa la amplitud de acomodación con relación a la edad, obtenida por el método "stigmatoscopico". (Tomada de Sun, 1988)

Finalmente, nombrar un trabajo de CHARMAN (1989), quien revisó los resultados reportados por HOFFSTETTER (1965), el cual, al realizar un estudio "objetivo" de la A.A., observó, que ésta alcanzaba un valor de cero, sobre los 46 a 48 años, que indujo a postular, que la disminución de A.A. observada en otros estudios después de los 40 años, sería un artefacto asociado con la técnica utilizada. En base a esta teoría, se preguntó, el porqué, si la A.A.

objetiva es "cero" a los 50 años, es necesario el aumento de adicción para la lectura, a partir de esta edad; y concluyo, que, estaría relacionada con la disminución de la agudeza visual (Fig. 10), así como con la disminución de la sensibilidad al contraste, que ocurren, con el aumento de edad.

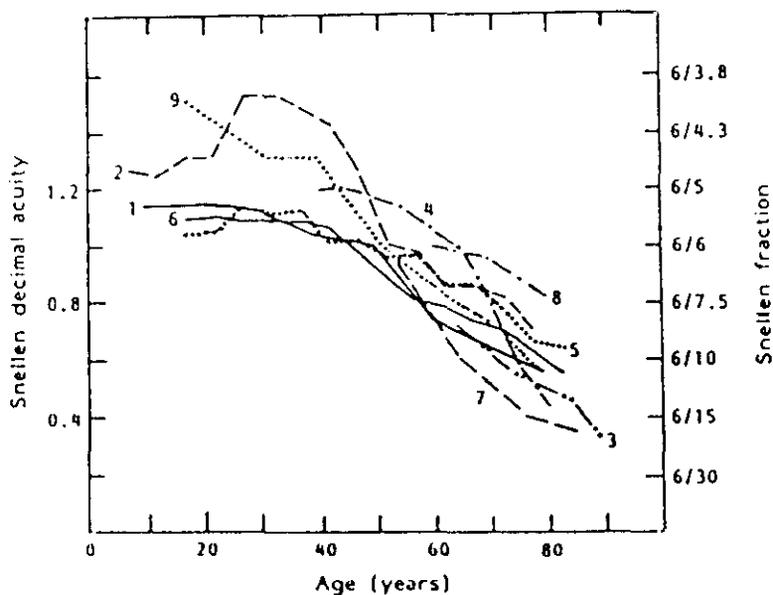


Fig.10: Figura que muestra los cambios de agudeza visual media en relación a la edad según trabajos realizados entre 1867 y 1983 por diferentes autores. La agudeza visual media disminuye en el grupo de edad de la presbicia, lo que demuestra que la agudeza visual a los 70 años es solamente el 75% de la obtenida a los 50 años. (Tomada de Charman, 1989)

I) Error de refracción / A.A.

Existen diferentes opiniones sobre si el estado refractivo de un sujeto puede influir sobre el resultado de

la amplitud de acomodación obtenida después de su total corrección.

Así, en algunos estudios (FREEMAN, 1975) se ha revelado que no existe diferencia en la respuesta acomodativa, entre miopes, hipermétropes y emétropes, cuando se utiliza la corrección apropiada.

Sin embargo, MIRANDA (1979, 1987), y RAMSDALE (1985), encuentran ligeras diferencias de acomodación entre los tres grupos refractivos; así como GARCIA SANCHEZ (1987), observa, en el grupo de sujetos con edades de 44 ± 1 año, mayor acomodación en los hipermétropes que en los miopes.

En estudios realizados en sujetos de 31 a 35 años, se ha visto una diferencia de 0,6 a 0,9 dioptrias de acomodación, mayor en los miopes que en el grupo no miope (PARSSINEN y ERA, 1985).

También se ha encontrado en sujetos jóvenes (18 a 22 años), diferencias significativas, respecto a la A.A., según el grado de ametropía, presentando los miopes mayor amplitud que los emétropes, y éstos mayor que los hipermétropes (MADDOCK, 1981; NEVILLE, 1986).

1.8.- PRESBICIA.

1.8.1.- CONCEPTO.

La presbicia, es el fracaso evolutivo relacionado con la edad (MICHAELS, 1980), no con el envejecimiento (SUN, 1988; HOCKWIN, 1984,1986), que sucede cuando la A.A. disponible es insuficiente para mantener la visión clara a la distancia acostumbrada de trabajo; y se caracteriza por una lenta e indefinida iniciación de etiología multifactorial (KLEINSTEIN, 1987) y de carácter irreversible (PEYRESBLANQUES, 1987).

1.8.2.- HISTORIA NATURAL DE LA PRESBICIA.

El desarrollo de muchas enfermedades o alteraciones, es un proceso irregularmente evolutivo. Ésto ocurre especialmente en alteraciones, como la presbicia, que presentan una historia natural, en la que existan varios estadios:

* *Estadio biológico o de susceptibilidad.* Es el periodo en que la presbicia no ha aparecido, pero los factores genéticos o del medio ambiente, están presentes, para favorecerla. Por eso, ya aparece una ligera disminución de la amplitud de acomodación en el niño o adolescente (KLEINSTEIN, 1987).

* *Estadio patológico o de "enfermedad" presintomática.* Es cuando la pérdida de acomodación ha comenzado, pero no aparece ningún síntoma o signo y se refiere a la edad comprendida entre los 30 y 35 años (WEALE, 1962).

* *Estadio clínico o de enfermedad clínica.* Es cuando hay suficientes cambios acomodativos, que producen signos o síntomas de presbicia, fácilmente reconocibles y comienza entre los 38 a 43 años. Iniciándose las dificultades para la visión próxima comfortable (KLEINSTEIN, 1987).

* *Estadio de incapacidad o de empeoramiento.* Es aquel en el que la presbicia es absoluta, es decir, sobre los 52 años (HAMASAKI, 1956).

1.8.3.- FISIOPATOLOGIA DE LA PRESBICIA.

La explicación al porqué el punto próximo de visión clara va alejándose progresivamente con el transcurso del tiempo, produciendo una dificultad en la visión próxima de lectura, no es del todo conocida. Sin embargo, se cree que los cambios estructurales del cristalino y la pérdida de elasticidad capsular, contribuyen en su mayor parte al desarrollo de la presbicia y conllevan a la dificultad de deformarse el cristalino para acomodar (FISHER, 1985, 1988). Demostrando que esta dificultad para deformarse el cristalino con la edad, no es debida a la esclerosis del

cristalino, como se pensó durante años (HELMHOLTZ, 1855), ya que la substancia cristalina, no pierde agua (FISHER, 1973^B) sino que la cápsula pierde su elasticidad (FISHER, 1969^B, 1973^A) y las fibras del cristalino, particularmente en el núcleo, donde las fibras incrementan su adhesión con los años (FISHER, 1985), llegando a ser más compactas (FISHER, 1988). Observándose un aumento en el poder de resistencia de estas fibras nucleares, principalmente debido al endurecimiento del núcleo, diferente al de la corteza, que se produce entre los 20 y 60 años, y que coincide con la disminución de la amplitud de acomodación y la aparición de presbicia (PAU y KRANZ, 1991).

Asimismo, el continuo crecimiento aposicional del cristalino durante toda la vida, produce un aumento de espesor (KORETZ, 1989), que varía de 4 mm. en un adulto joven a 4,5 mm. en sujetos de 70 años, y a más de 5 mm. a los 90 años (ASSIA, 1992) y se acompaña de disminución progresiva de la profundidad de la cámara anterior a partir de los 30 años (OLBERT, 1988), así como de aumento del grosor capsular (LAST, 1968; NIELSEN, 1982), el cual es ligero en el polo posterior, mientras que aumenta un 17% en el polo anterior y un 40% en la zona de inserción de las fibras zonulares (FISHER, 1978).

Respecto a la forma del cristalino, en recientes estudios se observa, que desde los 20 años en adelante, el

diámetro sagital aumenta más rápidamente que el diámetro frontal, resultando un cristalino redondeado (FARNSWORTH, SHYNE, 1979).

Estos resultados, junto con los de BROWN (1974) demuestran claramente una disminución del radio de curvatura a medida que aumenta la edad, y consecuentemente una disminución del índice de refracción del cristalino.

También se han observado cambios con la edad en la transmisión de luz del cristalino, observándose por espectrometría, realizada en cristalinicos de diferentes edades, como no solo la cantidad, la cual se debería a un incremento en el grosor del cristalino, sino también el poder de transmisión de la luz cambia considerablemente con respecto a cierta longitud de onda (LERMAN, 1985). Parece ser, que los cambios bioquímicos a nivel del núcleo, así como en la profundidad de la corteza anterior, serían los responsables de modificar el poder de transmisión de la luz (HOCKWIN, 1986, 1987).

En cuanto a los cambios bioquímicos que se producen en el cristalino a lo largo de los años (HOCKWIN, 1987) destacar:

** El metabolismo de hidratos de carbono.*

La intensidad del metabolismo del cristalino y por tanto la cantidad de energía metabólica almacenada (en

forma de ATP) disminuye con la edad (NORDMANN, 1981)

** Las proteínas del cristalino.*

Los cambios proteínicos afectan a una pequeña parte de la superficie del cristalino (VRENSEN, 1992), principalmente a nivel del núcleo (HARDING, 1991). Destacando, como con los años disminuye la cantidad de proteínas solubles, mientras que la porción de proteínas insolubles aumenta notablemente.

Además, la alfa cristalina, eventualmente desaparece, y forma un número aumentado de agregados proteicos, cuyo tamaño es inferior al tamaño mínimo que produciría la dispersión de la luz (deslumbramientos); desarrollando nuevas zonas de discontinuidad que se observan con lámpara de hendidura.

El incremento de las partículas de proteínas insolubles explicaría también la disminución con los años del índice de refracción del cristalino (KORETZ y HANDELMAN, 1988).

** Enzimas:*

Mientras que los estudios relacionados con la edad sobre los cambios de las proteínas siguen realizándose, son bien conocidos los cambios que se producen con la edad en las enzimas (HOCKWIN, 1984, 1986). Siendo también en el núcleo donde se muestran los mayores cambios.

Estudios sobre hexogenasa, fosfofructoquinasa y enolasa, muestran en cristalinos de sujetos mayores,

una disminución en la afinidad del substrato.

También se ha estudiado la posible participación del músculo ciliar y de la zónula en el desarrollo de la presbicia.

Algunos autores refieren que el músculo ciliar mantiene su actividad inalterada hasta después de los 60 años, e incluso la potencia del músculo aumenta con la edad (SWEGMARK, 1969; HOSAKA, 1976; FISHER, 1986), siendo el 50% mayor al inicio de la presbicia que en los jóvenes; experimentando una hipertrofia compensatoria a medida que disminuye la A.A. con la edad (FISHER, 1988). Teorías que están a favor de que la función del músculo es normal en la presbicia, y por tanto no forman parte del desarrollo de ésta (SUN, 1988).

Sin embargo, ESKRIDGE (1972,1984) de acuerdo con la teoría de Fincham sobre la presbicia, según la cual, se requiere una contracción del músculo ciliar máxima para producir máxima respuesta acomodativa a cualquier edad; y en base a sus propios estudios, indica que la pérdida de capacidad acomodativa con la edad, puede ser debida a alteraciones en el cristalino, alteraciones del músculo ciliar o a una combinación de ambos.

Actuales estudios de investigación, muestran que el músculo ciliar presenta tendencia a la atrofia, con disminución a medida que aumenta la edad, en la superficie celular, en el número y tamaño de las mitocondrias; siendo

más importante la disminución de la superficie celular en la porción circular del músculo, y sugiriendo su participación en el avance de la presbicia (MIZUTANI, 1992).

En relación a la zónula, se ha visto que las fibras zonulares, entre los 15 y 45 años, no presentan cambios en cuanto a sus propiedades de extensión, el módulo de elasticidad se mantiene constante (FISHER, 1986). Sus inserciones zonulares ecuatoriales se desplazan hacia adelante a medida que aumenta la edad del sujeto (FARNSWORTH, 1979). Las uniones zonulares se supone que son fijas durante toda la vida, por lo tanto cualquier alteración de su posición se debería a desplazamientos en la cápsula del cristalino por el crecimiento de éste. Esto produciría un cambio significativo en la geometría del sistema suspensorio dando como resultado un importante cambio del sistema acomodativo (KORETZ, 1988).

1.8.4.- CLINICA.

La presbicia causa incapacidad visual, que se manifiesta en visión próxima, con síntomas de borrosidad y ocasionalmente dolor de cabeza, astenopia y diplopia (MICHAELS, 1980).

Esta incapacidad para leer y ver claramente de cerca es un problema en todas las sociedades, y sobre todo en las más desarrolladas tecnológicamente (KLEINSTEIN, 1987).

Uno de los problemas de definir la edad de inicio de la presbicia, es la variedad de criterios empleados en su determinación, así como los posibles errores en los estadíos epidemiológicos por las dificultades que con frecuencia se mencionan (WEALE, 1989).

Hemos recogido mediante una tabla (Fig. 11) los resultados de otros autores, indicando el valor de A.A. que utilizan como criterio para definir la edad aproximada de inicio de la presbicia

Algunos de estos resultados son aproximados, ya que, se han obtenido en base a la necesidad de corrección inicial de presbicia, en vez de a través de la obtención del p.p. de acomodación. Así como los resultados de DONDERS (1864) y DUANE (1912) que son obtenidos según el criterio empleado por KAIMBO (1988) de A.A. = 3,5D.

AUTORES	AÑO	PAIS	A.A. dioptrias	EDAD (Años)
DONDERS	1864	EUROPA CENTRAL	= 3,5D	~ 45
DUANE	1912	EUROPA CENTRAL	= 3,5	~ 46
COATES	1955	AFRICA	= 3,5	~ 40
RAMBO Y SANGAL	1960	INDIA	< 3D	~ 38 (35-40)
WHO	(*)	FILIPINAS	< 3D	~ 36
PESCADOR	1968	BOLIVIA Andes Altiplanos	< 3D < 3D	~48-50 ~ 39
ACCARDI (*)	1971	SOMALIA	< 3D	~ 30
MIRANDA	1979	P. RICO	=3,75D	~ 38
ONG	1981	ASIA	< 3D	~ 35
ADEFULE	1983	NIGERIA	≤ 3D	~ 35
CHATTOPADHYAY	1984	INDIA	~ 3D	~ 40
KRAGHA	1986	NIGERIA	~3D	~ 42
WHARTON	1986	VENEZUELA ECUADOR HONDURAS	~ 3D	~ 35
KAIMBO y col.	1988	ZAIRE	= 3,5	~ 38,6

* Citado por Weale, 1981

Fig. 11: Amplitud de acomodación y edad de inicio de la presbicia según los diferentes autores.

1.8.5.- FACTORES DE RIESGO EN LA PRESBICIA.

Se denominan factores de riesgo a aquellos que influyen aumentando su probabilidad de presentación y de que

su desarrollo sea precoz (KLEINSTEIN, 1987). Entre ellos podemos resaltar:

- * La edad, que ha sido estudiada anteriormente, y es el mayor factor de riesgo.

- * La raza. Aunque parece ser un factor de poca influencia (HOFSTETTER, 1968), algunos estudios reflejan que en la raza negra aparece la presbicia antes que en la raza blanca (COATES, 1955; KAIMBO, 1988).

- * En cuanto al sexo, algunos autores (HOFSTETTER, 1968; FITCH, 1971; MIRANDA, 1979,1987) no observan diferencias entre ambos sexos, respecto a la aparición de la presbicia; mientras otros (MILLODOT, 1989) refiere una acomodación ligeramente mayor en las mujeres, presentando éstas la presbicia más tarde que los hombres (KRAGHA, 1986). Sin embargo, WEALE (1989) comenta que las mujeres occidentales son presbitas antes que los hombres.

- * Factores regionales y medioambientales. Se ha sugerido la relación de factores geográficos (altitud) con respecto al desarrollo de la presbicia (PESCADOR, 1968; MIRANDA, 1979,1987; ONG, 1981; KRAMAR, 1983), así como la influencia de la radiación solar (particularmente las radiaciones ultravioletas) (MIRANDA, 1979,1987); aunque parece que la edad de inicio de la presbicia varía inversamente con la temperatura del medioambiente, siendo éste el factor

más importante (MIRANDA, 1979, 1987; WEALE, 1981).

* Existen otros factores, que pueden causar pérdida parcial o total de acomodación a una edad anterior a la normal (DAUM, 1983):

- Traumatismos del cristalino, zónula y músculo ciliar.

- Esclerosis del cristalino

- Causas sistémicas que disminuyen la acomodación (RASKIND, 1976).

- # Tóxicas- Drogas; se conocen hasta 100 drogas que afectan a la acomodación; entre otras: clorpromacina e hidroclortiazida.

- # Traumáticas y vasculares: Contusión cerebral. Hemorragias cerebrales. Infartos cerebrales.

- # Infecciosas: Difteria. Encefalitis. Meningitis. Sarampión. Hepatitis.

- # Neoplásicas: Tumores cerebrales de la línea media.

- # Endocrinas: Alteraciones distiroideas

- # Disfunciones pituitarias

- # Metabólicas: Diabetes.

- # Neurológicas: Enfermedades desmielinizantes.

- # Psicológicas: Histeria.

- # Debilitantes: Anemia. Alcoholismo. Mala nutrición.

1.8.6.- TRATAMIENTO DE LA PRESBICIA: CORRECCIÓN.

Para compensar la disminución de A.A. que se produce a la edad de la presbicia y llevar el p.p. a una distancia

útil para el trabajo, es necesaria la corrección mediante lentes esféricas positivas (MARQUEZ, 1934,1981). Para conseguirlo eficazmente tenemos que conocer primero la distancia habitual de trabajo, evaluar su refracción y, en teoría, determinar la A.A. para suplementarla después mediante la potencia adecuada de una lente que le permita una reserva de acomodación suficiente (DUKE-ELDER, 1985).

2.- JUSTIFICACION

2.- JUSTIFICACIÓN.

Durante años, la óptica ha sido un campo olvidado por el oftalmólogo, sin embargo, se ha visto la gran importancia de sus conocimientos en base a la aplicación clínica. Por ello, hemos decidido realizar un estudio sobre la amplitud de acomodación, con el criterio de establecer un mayor conocimiento de los problemas ópticos que sobrevienen a la edad de la presbicia.

Asistimos actualmente a un gran aumento de población con edad mayor de 40 años, debido al aumento de la esperanza de vida, junto con la disminución de los índices de natalidad, contribuyendo este último dato a que la población haya envejecido de una manera importante. Esto hace que sea necesario estudiar de una forma seria, todo aquello referente a la mejoría de la corrección en la visión próxima. También debemos considerar que cada vez son más los trabajadores que en la industria y empresas especiales, necesitan realizar sus trabajos de cerca y con buena agudeza visual, para poder precisar numerosos datos referentes a la producción.

Indudablemente, hoy disponemos de una serie de métodos objetivos muy sofisticados para la medición del punto próximo y obtención de la amplitud de acomodación, si bien, con métodos tan sencillo como el utilizado en este

estudio, aunque sea un método subjetivo, nos ayuda a conocer el desarrollo del mecanismo de la acomodación, en cuanto a su disminución con relación a la edad, así como su valor alcanzado a la edad de la presbicia.

El estudio de los 350 pacientes tiene por objetivo conocer exactamente el desarrollo de la acomodación a lo largo de los años, especialmente en los grupos de edad a partir de los 38 años. Edad en la que hipotéticamente comienzan a presentarse los primeros síntomas de presbicia.

Con nuestro estudio pretendemos aportar datos que permitan una más precisa corrección de estos defectos en función de las circunstancias que acompañan a la propia presbicia: tipo de trabajo, defecto de refracción previo, sexo, etc.

3.- MATERIAL Y METODO

3.- MATERIAL Y METODOS

3.1.- SELECCIÓN Y GRUPO DE PACIENTES.

Se estudiaron 350 sujetos normales, en las consultas externas del Departamento de Oftalmología del Hospital Universitario de San Carlos, con edades comprendidas entre 20 y 70 años, siendo la edad media de 39,7 años.

De los 350 sujetos, se han utilizado un total de 523 ojos, tras descartar 177 ojos, por no estar dentro de los criterios de inclusión.

De los 523 ojos estudiados, 261 corresponden a emétopes, 140 a hipermétropes y 122 a miopes.

Los criterios de inclusión han sido:

- * No antecedentes personales de enfermedad oftalmológica.
- * No patología sistémica o tratamiento con fármacos (medicación local o general), que puedan modificar la refracción ocular.
- * Agudeza visual de lejos con o sin corrección de unidad.
- * Agudeza visual de cerca con o sin corrección (A.V.= 0,5)

3.2.- MÉTODO

En todos los sujetos se estudiaron los siguientes parámetros:

* Historia clínica:

- Datos generales y anamnesis.
- Sexo.
- Edad.
- Antecedentes personales: enfermedad general y oftalmológica.

* Exploración ocular:

- Agudeza visual (A.V.):

Se estudia la A.V. de lejos con escala de optotipos de letras de Snellen:

- + Sin corrección.
- + Con corrección (gafas).

Se estudia la A.V. de cerca con escala de optotipos de visión próxima:

- + Sin corrección.
- + Con corrección (gafas).

- Oftalmometría:

Se utiliza para la medición del astigmatismo, el oftalmómetro de Javal. En caso de astigmatismo, se valoró su equivalente esférico para la obtención de los resultados.

* Medida de la amplitud de acomodación:

Estudiamos la A.A. a través del punto próximo de acomodación.

La exploración se realiza en cámara oscura. En caso de ametropía, el sujeto realiza la prueba con su corrección de lejos, colocada sobre una montura de pruebas.

El estudio fue monocular.

Para el estudio del p.p. de acomodación, hemos utilizado un aparato Essilor (Fig. 12 y 13), formado por una mentonera-soporte, donde coloca la cabeza el paciente, de forma que permanezca inmóvil durante la exploración. Asimismo, consta de una barra metálica, sobre la que se desplaza la escala de optotipos, unida a una fuente luminosa de 280 lux. Paralela a dicha barra lleva una cinta métrica milimetrada.

La tarjeta optotipo (Fig. 14), presenta varias filas de letras negras sobre fondo blanco, siendo la última línea (test N° 2), que se corresponde con la escala de optotipos de A.V. = 1; mientras que, para las restantes filas de letras, tras ser medido su tamaño de letra mediante aparato Nikon Measurescope (error $\pm 0,002$) y calculada la distancia a la cual, un determinado tamaño de letra se ve con A.V. = 1 (manteniendo un arco de 5'), se estableció una tabla de equivalencias (Fig. 15).

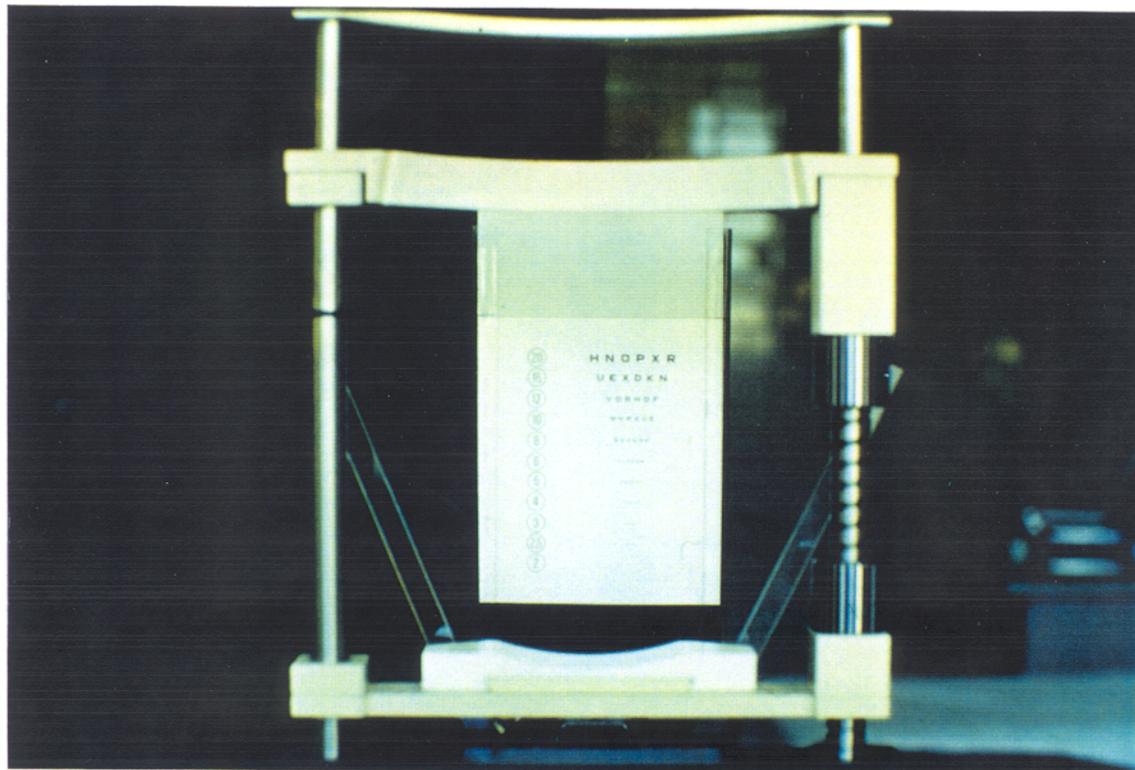
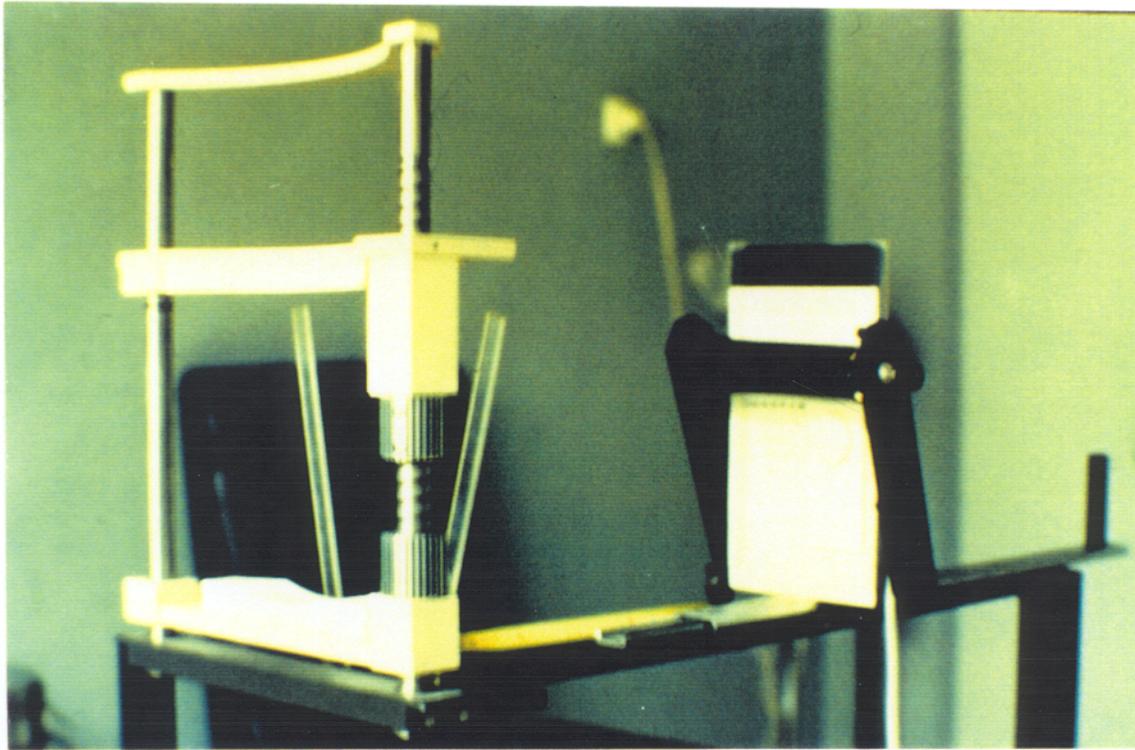


Fig. 12, 13: *Fotografías del aparato de acomodación Essilor, empleado en este estudio*

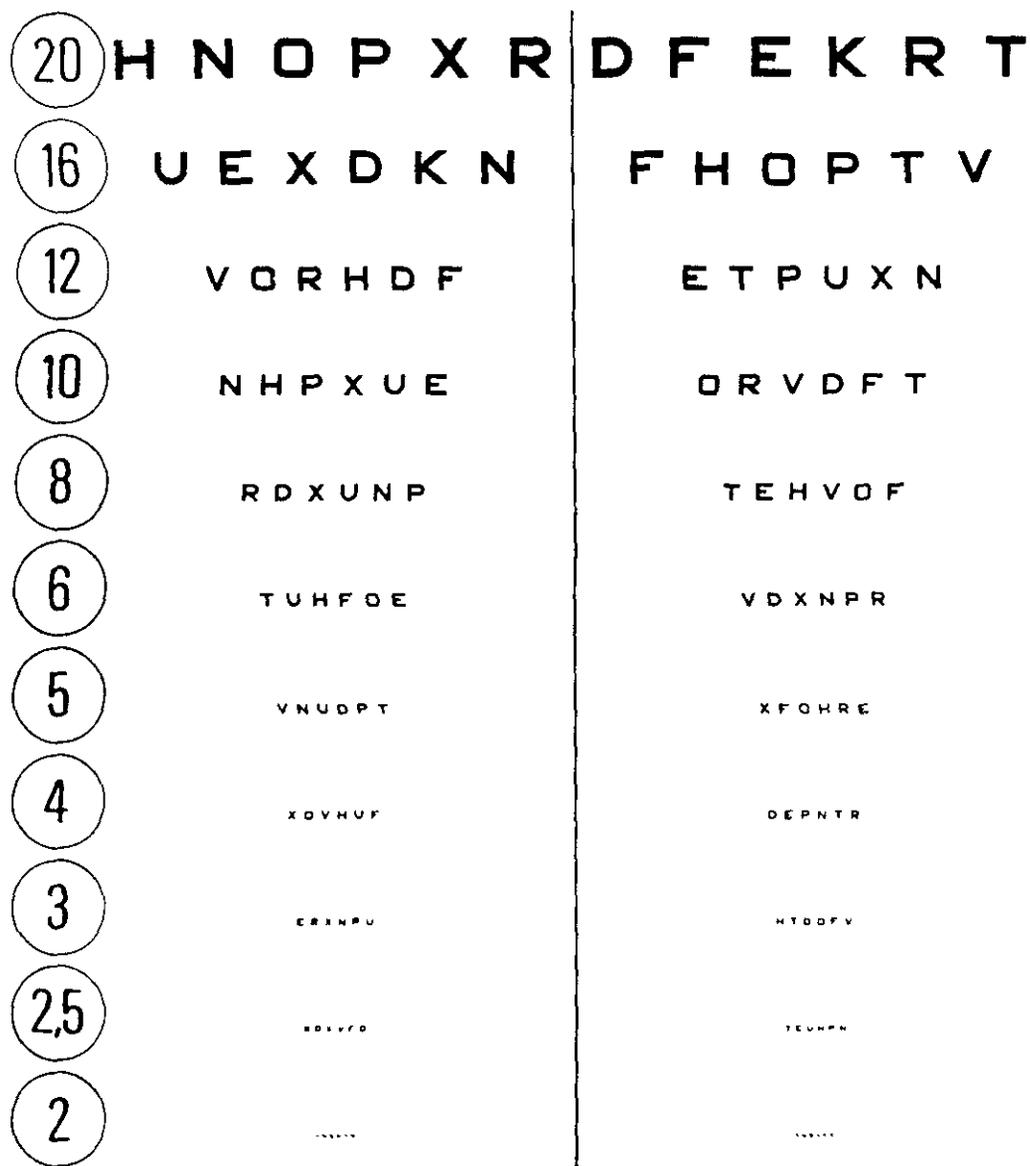


Fig. 14: Tarjeta optotipos empleada para el estudio del punto próximo de acomodación

Nº DE TEST	TAMAÑO LETRA (CM.)	DISTANCIA (CM.)
20	0,375	258
16	0,305	210
12	0,230	158
10	0,195	134
8	0,155	106
6	0,130	89
5	0,095	65
4	0,075	51
3	0,065	44
2,5	0,05	34
2	0,03	20

Fig. 15: Tabla de equivalencias de la tarjeta optotipo.

El método subjetivo utilizado fue el siguiente: se coloca al paciente en el aparato, a 40 cm. del optotipo y se le pide la lectura de la línea más pequeña posible; seguidamente, se aproxima a 20 cm. y se repite el experimento. Una vez seleccionada esta línea y colocada en un plano horizontal respecto al ojo, se va acercando la tarjeta hasta que la vea completamente borrosa; seguidamente, se va alejando lentamente hasta

su nueva identificación, obteniendo así el p.p. de acomodación.

Se repite el experimento dos veces para cada ojo, indicando al paciente que, no es preciso alcanzar una nitidez perfecta de las letras, sino que detenga el experimento cuando pueda identificar 4 de las 6 letras de la línea seleccionada.

Tratamos de utilizar siempre la misma velocidad de desplazamiento, para conseguir mayor exactitud en los resultados.

El p.p. en este estudio se midió a 13 mm. de la córnea.

Cuando el test seleccionado en el estudio, era el test N° 2, el valor del p.p. fue el obtenido directamente con el aparato.

Cuando el test seleccionado era mayor que el test N° 2, entonces (el valor del p.p. obtenido mediante el aparato era transformado) calculamos con la tabla de equivalencia (Fig. 15) la distancia correspondiente al test seleccionado y luego mediante una regla de tres, obtenemos el valor del p.p.

Así, por ejemplo, si el test que ha sido seleccionado es el N° 2,5, que le corresponde una distancia de 34 cm. (ver tabla de equivalencia), y el p.p. obtenido con el aparato es 13,2 cm., entonces diremos:

20 ----- 34

13,2 ----- x x = p.p. (cm.)

La inversa en metros del p.p. nos dá el valor de la A.A. en dioptrias.

También hemos realizado, el estudio de la amplitud de acomodación teniendo en cuenta la unidad acomodativa (U.A.); que se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$A.A. (d) = A.A. \times U.A.$$

Siendo:

* U.A. para hipermétropes corregidos = $1 + 4\% L$

* U.A. para miopes corregidos = $1 - 3\% L$

(Llamamos "L" a la potencia de la lente correctora).

3.3.- ANALISIS ESTADÍSTICO.

3.3.1.- CODIFICACION DE LOS DATOS.

Para procesar los datos obtenidos tuvieron que ser codificados, dando a cada variable una numeración y unos valores, tal como se refleja en la Fig. 16.

Los datos ya codificados, fueron transcritos a pliegos cuadriculados, colocando en la parte superior las distintas variables, de forma que cada fila corresponde a un ojo y cada columna a una variable, como se muestra en el anexo de resultados.

NOMBRE DE LA VARIABLE	ABREVIATURA	VALORES
Nº OJOS ESTUDIADOS	REG	1, 2, 523
GRUPO REFRACTIVO Miopes Hipermetropes Emetropes	VISION	1, 2, 3
SEXO	SEXO	0, 1
O.D. - O.I.	OJO	0, 1
EDAD	EDAD	22.....70
CORRECCION Miopes Hipermetropes Emetropes	CORREC	-0,125...-14,000 +0,125... +6,500 0,000
PUNTO PROXIMO Miopes Hipermetropes Emetropes	PUNPROX	10,2....204,75 12,4....249,97 12206,85
AMPLITUD DE ACOMODACION (A.A.) Miopes Hipermetropes Emetropes	NECAMOM	0,48....9,8 0,4....8,06 0,48....8,33
UNIDAD ACOMODATIVA (U.A.) Miopes Hipermetropes Emetropes	UNIDACOM	0,700...0,990 1,005...2,010 1,000
A.A. / U.A. Miopes Hipermetropes Emetropes	AMPACOM	0,47....9,6 0,41....8,22 0,48....8,33

Fig. 16:- Tabla que muestra las variables correspondientes al estudio de población.

3.2.2.- TEST ESTADÍSTICOS

Se ha aplicado la estadística descriptiva habitual, con la determinación de la media, desviación estandar, percentil inferior y superior y mediana, para la caracterización de los datos obtenidos en el conjunto de la muestra; así como un análisis de frecuencias.

La comparación entre dos variables se realizó con la prueba del Ji-cuadrado (χ^2) de independencia a partir de una tabla de contigencia.

Para la comparación entre dos datos paramétricos realizamos un análisis de varianza.

Para el análisis de la A.A. con relación a la edad de la muestra (tanto para la totalidad de los casos, como para cada grupo refractivo), se aplicó el método de regresión,

3.3.3.- MATERIAL EMPLEADO.

- Ordenador IBM / PC AT, con el programa SPSS/PC + (versión 4.0).
- Ordenador IBM PS-2-APC, con los programas Lotus 1,2,3 y Stat Graphics.

4.- RESULTADOS

4. RESULTADOS.

4.1.- ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA.

4.1.1.- ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA.

La distribución de los 523 ojos estudiados, según su grado refractivo fue la siguiente: 122 eran miopes (23,3%), 140 eran hipermétropes (26,8%), y 261 eran emétopes (49,9%), según muestra la Fig. 17

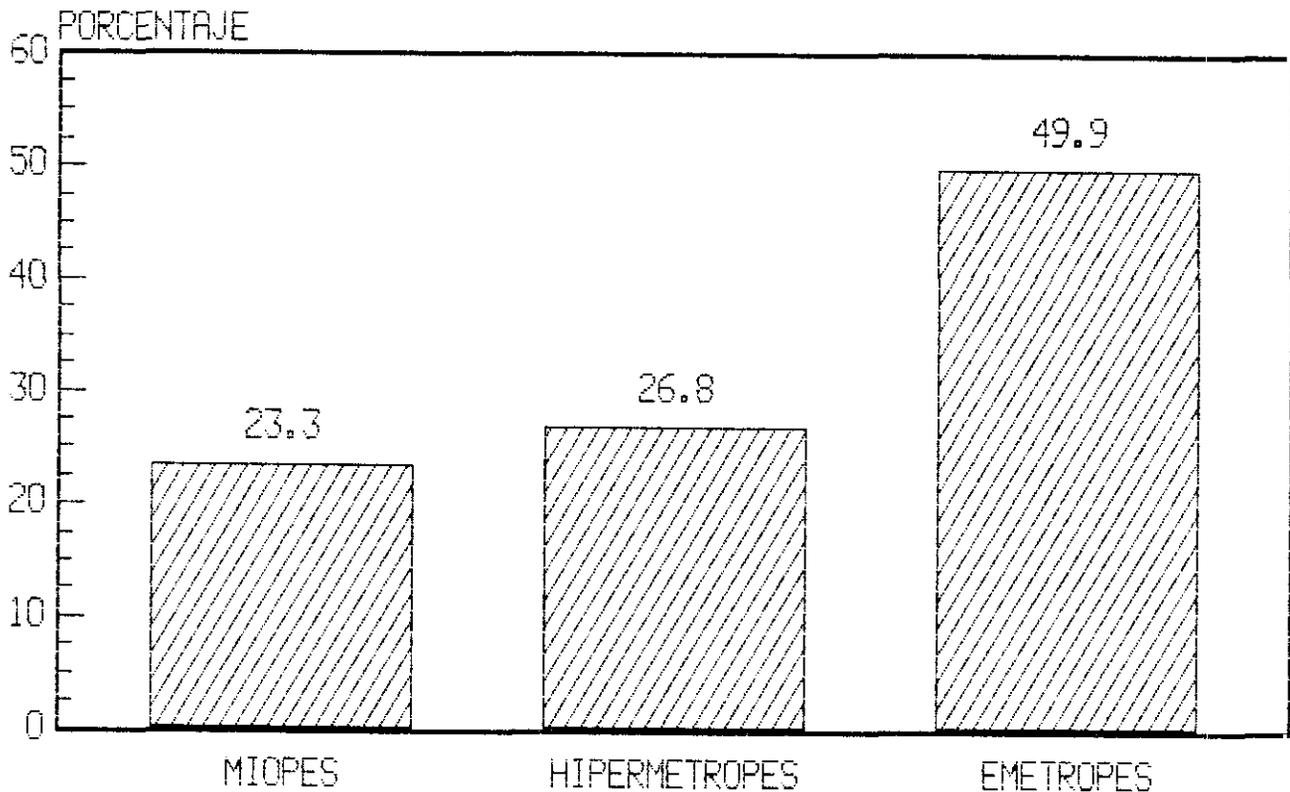


Fig. 17: Distribución de la muestra según el estado refractivo.

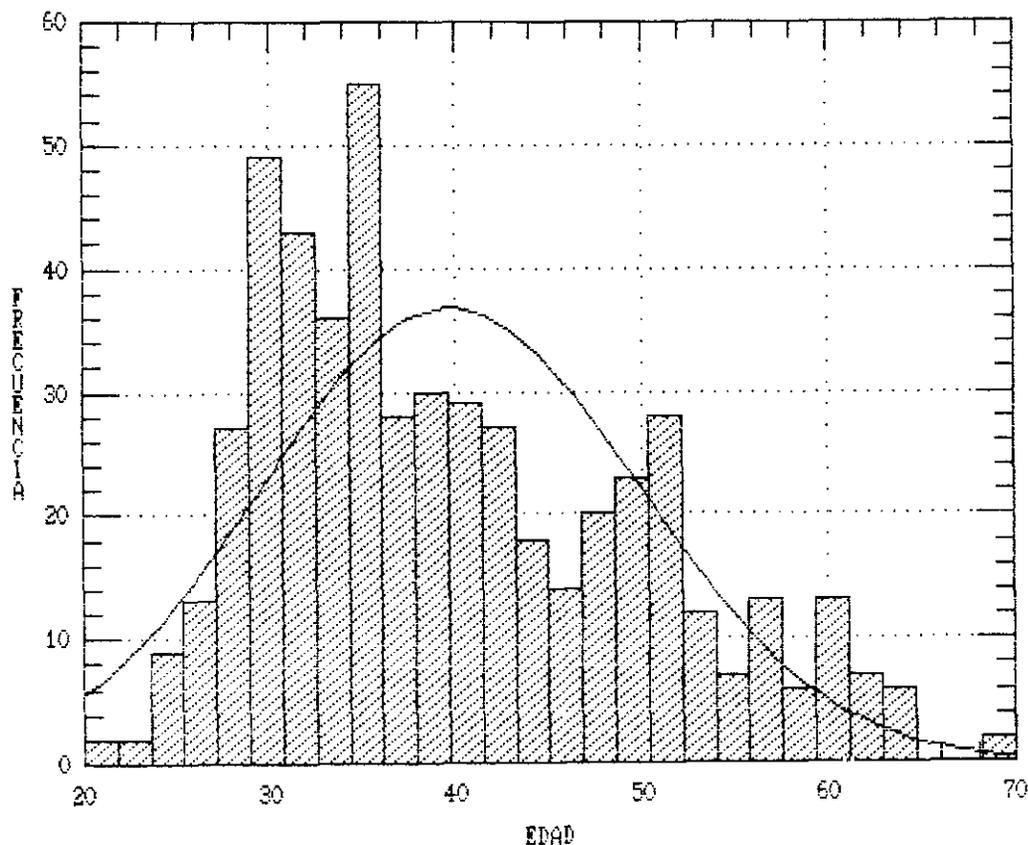
4.1.2.- EDAD.

La edad media del total de la población estudiada fue de 39,7 años, con una desviación típica de 10,12; siendo 20 años el mínimo y 70 años el máximo (Fig. 18).

La distribución de la edad media, según los grupos refractivos (reflejada en las Fig. 19, 20, 21), corresponde, en los miopes a 35,43 años con una desviación típica de 8,7; en los hipermétropes a 46,96 años con una desviación típica de 10,65; y en los emétropes a 37,8 años con una desviación típica de 8,33.

Se observa que los 3 grupos (miopes, hipermétropes y emétropes) son diferentes respecto a la edad al realizar un análisis de varianza (Fig. 22). Así como los hipermétropes estudiados presentan una edad media superior (son mayores estadísticamente hablando) a la de los miopes y emétropes ($p = 0,05$).

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

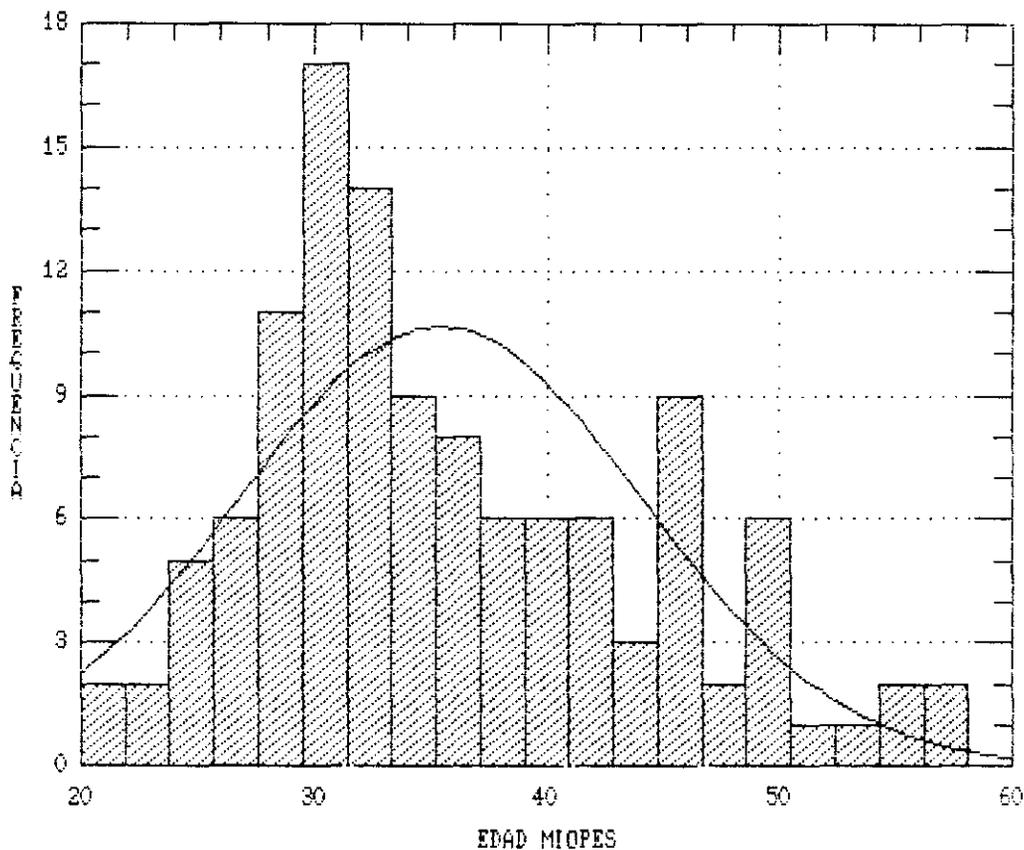
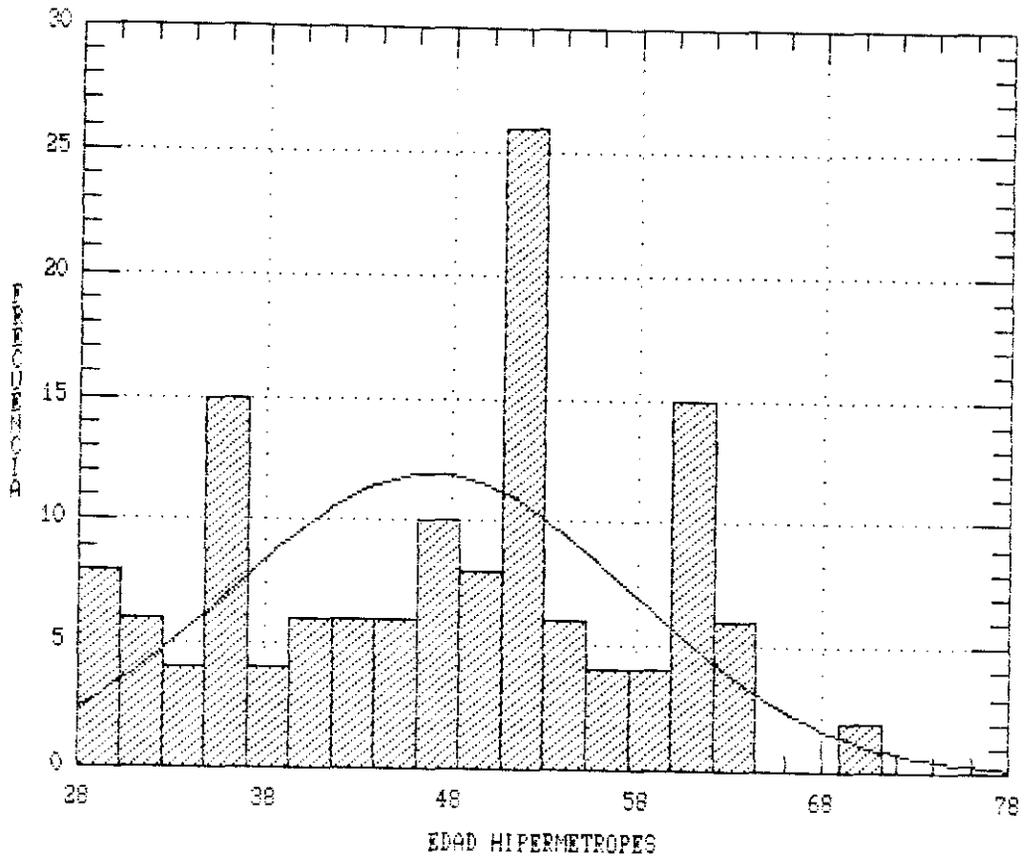


Fig. 18 (Gráf. sup.): Distribución de la edad media de la población estudiada.

Fig. 19 (Gráf. inf.): Distribución de la edad media en los miopes.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

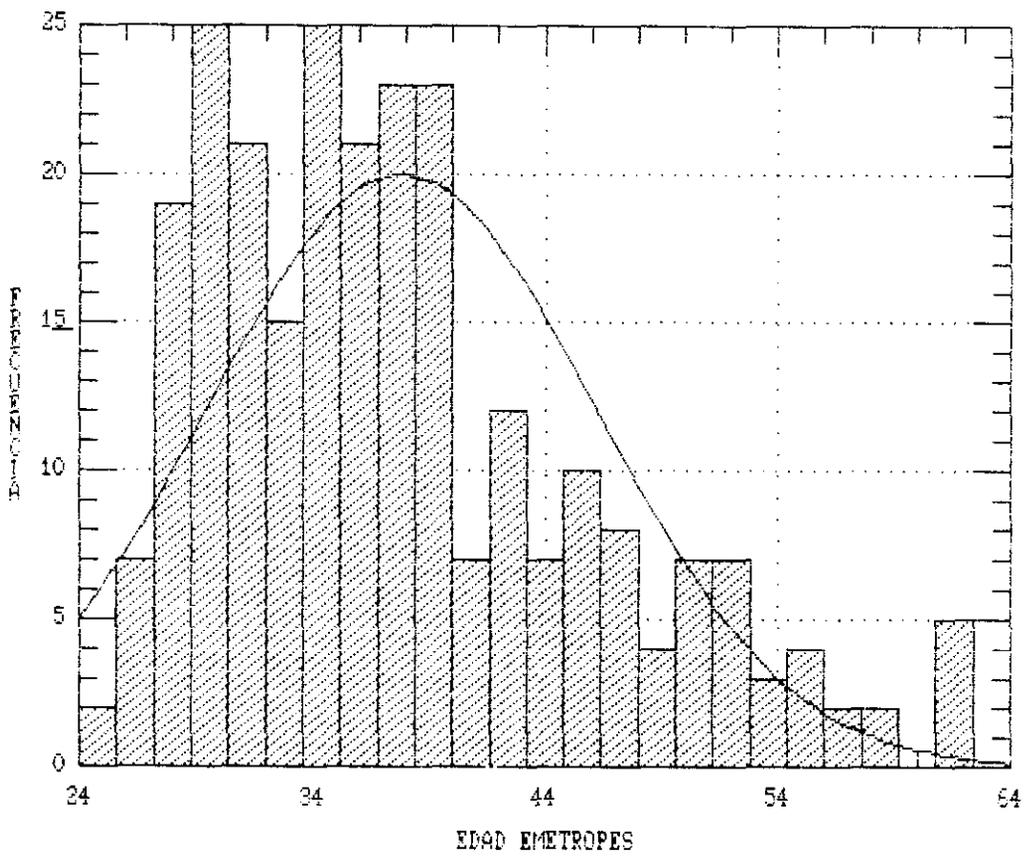


Fig. 20 (Gráf. Sup.): Distribución de la edad media en los hipermetropes.

Fig. 21 (Gráf. Inf.): Distribución de la edad media en los emétropes

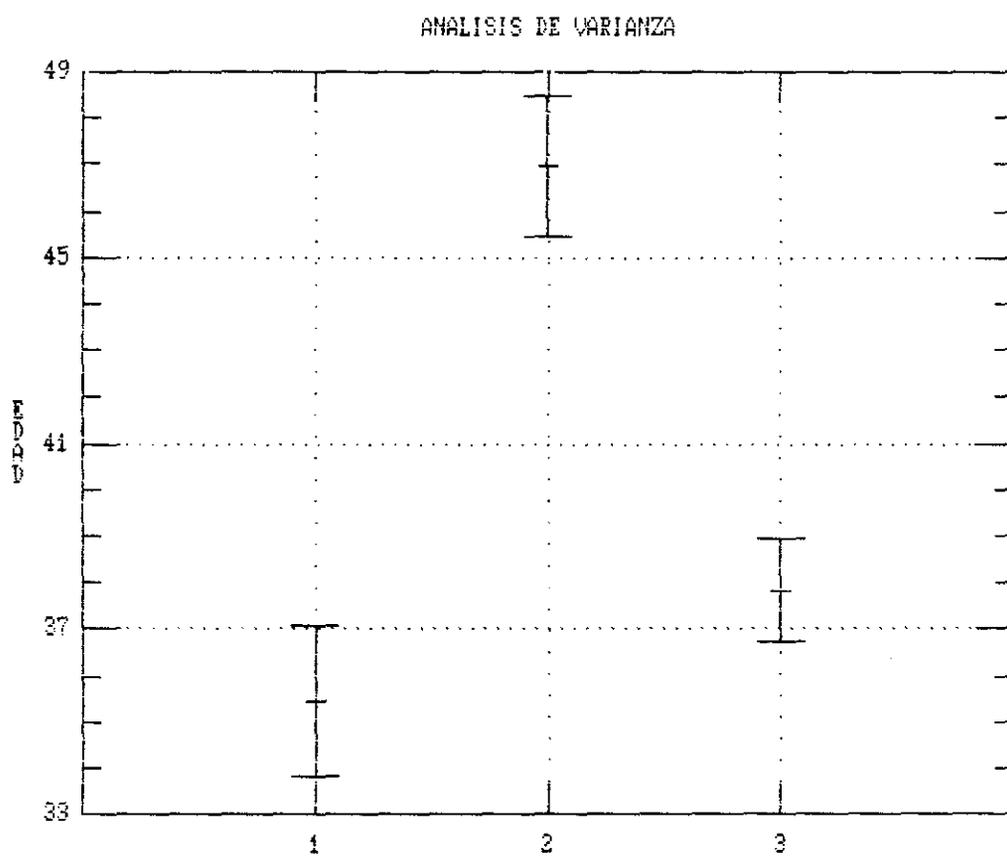


Fig. 22: Distribución de los miopes (1), hipermetropes (2) y emétropes (3) respecto a la edad media.

4.1.3.- SEXO.

En cuanto al sexo, 165 ojos corresponden a varones (31,5%) y 358 ojos a mujeres (68,5%), como se observa en la Fig. 23.

La distribución del sexo en el estudio, con respecto al grupo refractivo fue: en los miopes 34 eran varones (27,9%) y 88 mujeres (72,1%); en los hipermetropes, 48 eran varones (34,3%) y 92 eran mujeres (65,7%); y en los emetropes, 83 eran varones (31,8%) y 178 eran mujeres (68,2%) (Figs. 24, 25, 26).

Al analizar estadísticamente, si estas distribuciones son iguales o diferentes con respecto al sexo, se observa que la distribución del sexo en la muestra es independiente del grupo refractivo. Esta afirmación se justifica mediante la realización de una prueba χ de independencia a partir de una tabla de contingencia, siendo: $\chi_0^2 = 1,2526$, que es menor que la χ_2^2 y a un nivel de significación del 5%.

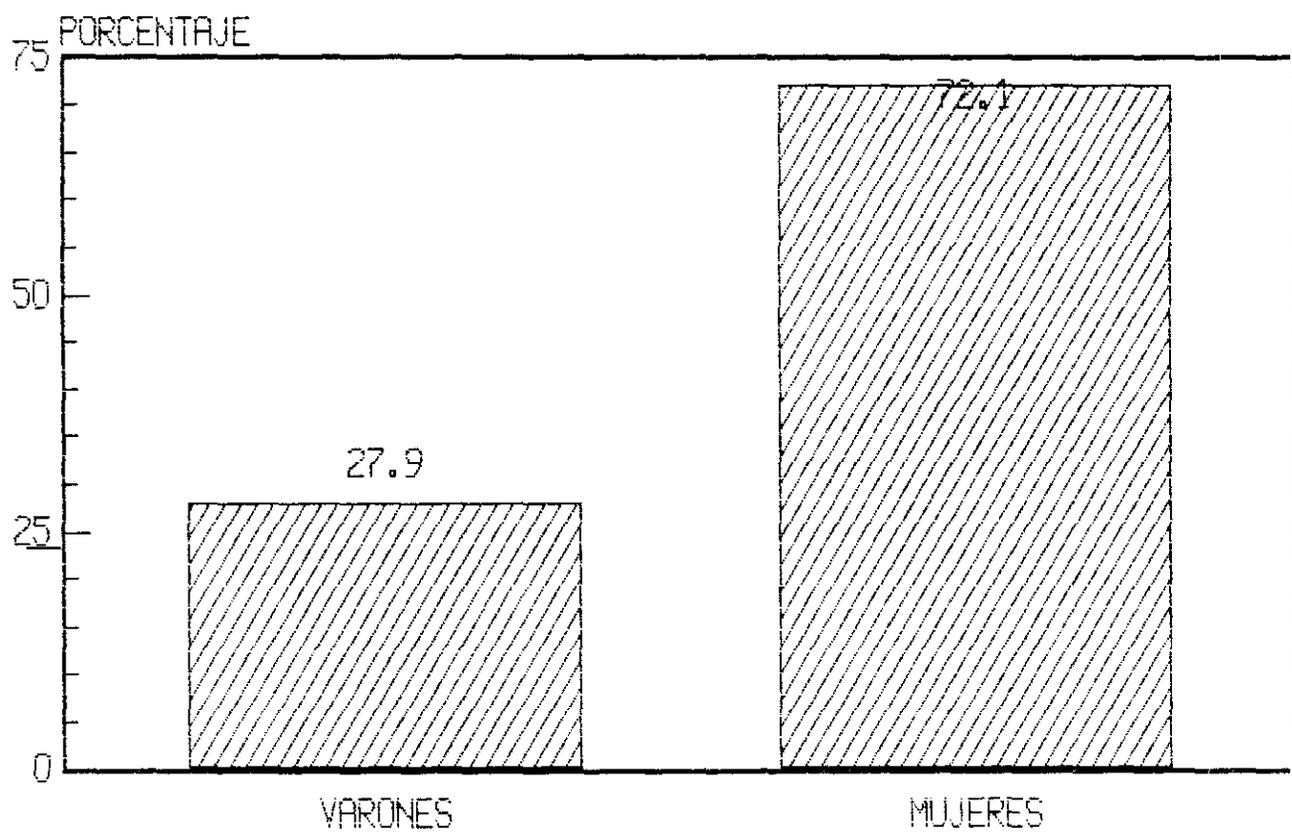
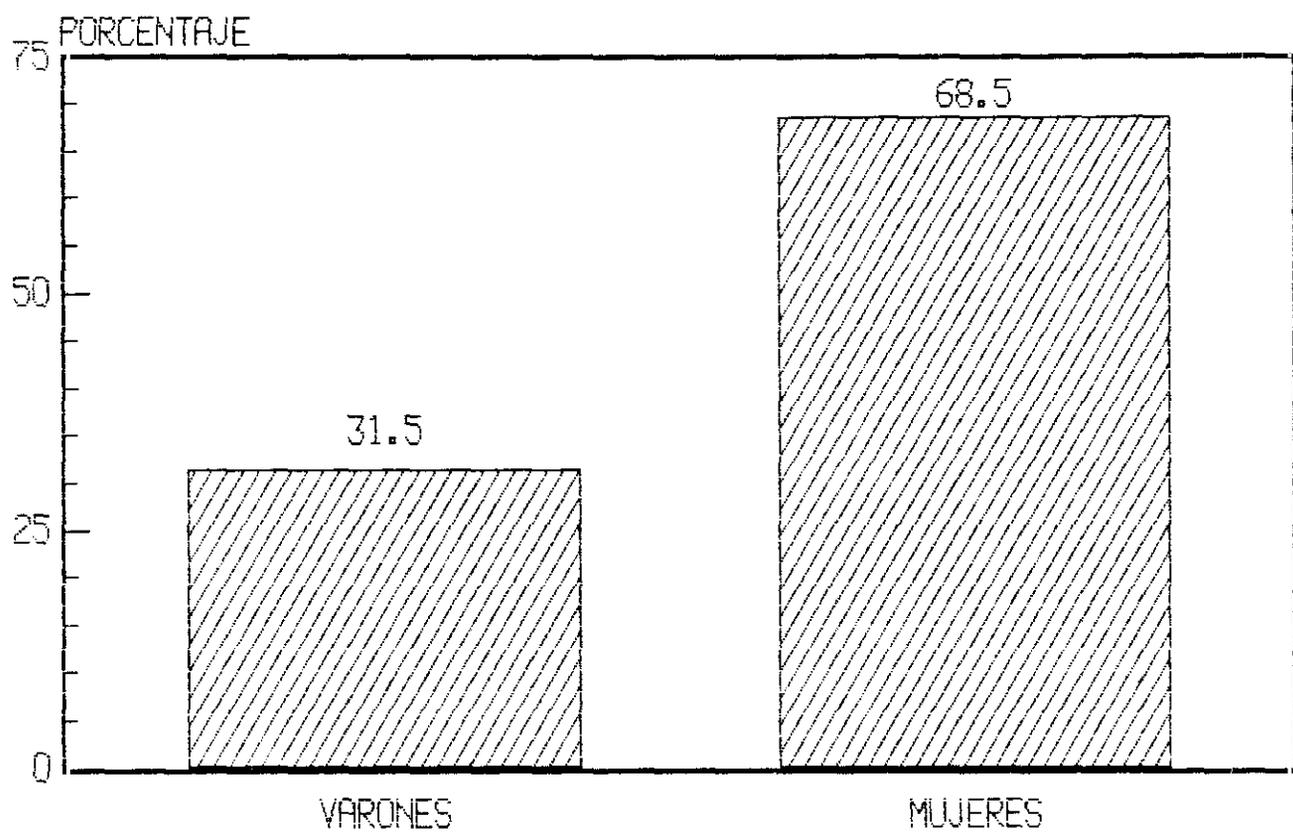


Fig. 23 (Gráf. Sup.): Distribución en porcentaje, por sexo, del total de la muestra.

Fig. 24 (Gráf. Inf.): Distribución en porcentaje, por sexo, en los miopes.

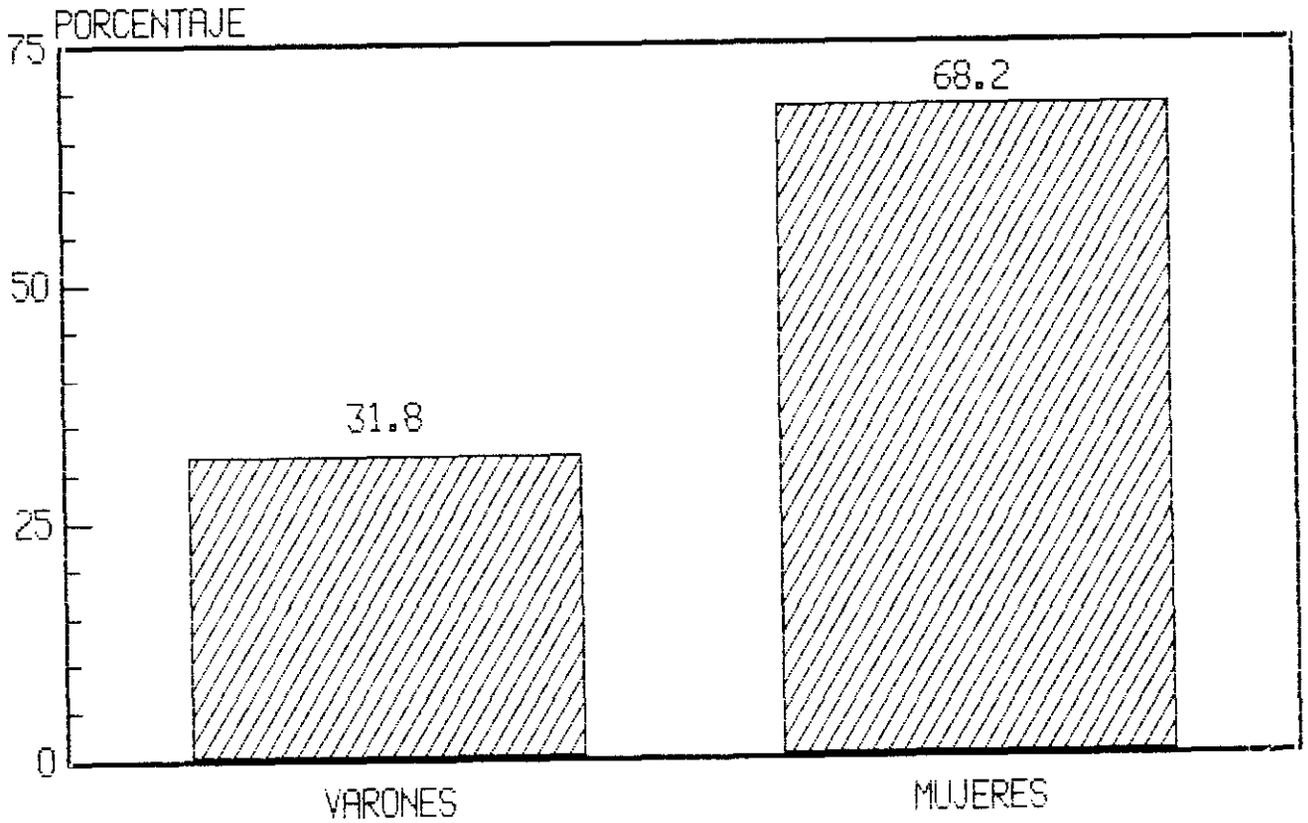
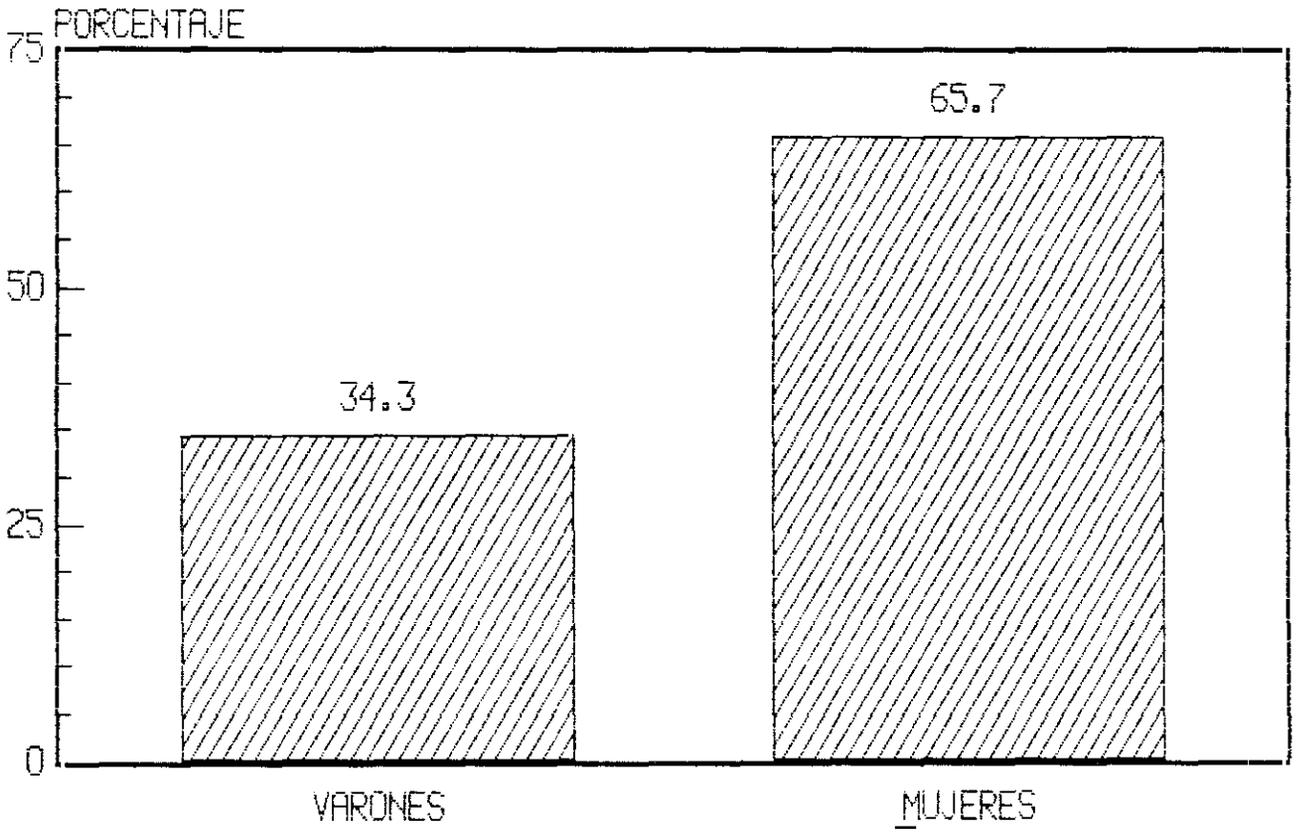


Fig. 25 (Gráf. Sup.): Distribución en porcentaje, por sexo, en los hipermétropes.

Fig. 26 (Gráf. Inf.): Distribución en porcentaje, por sexo, en los emétropes.

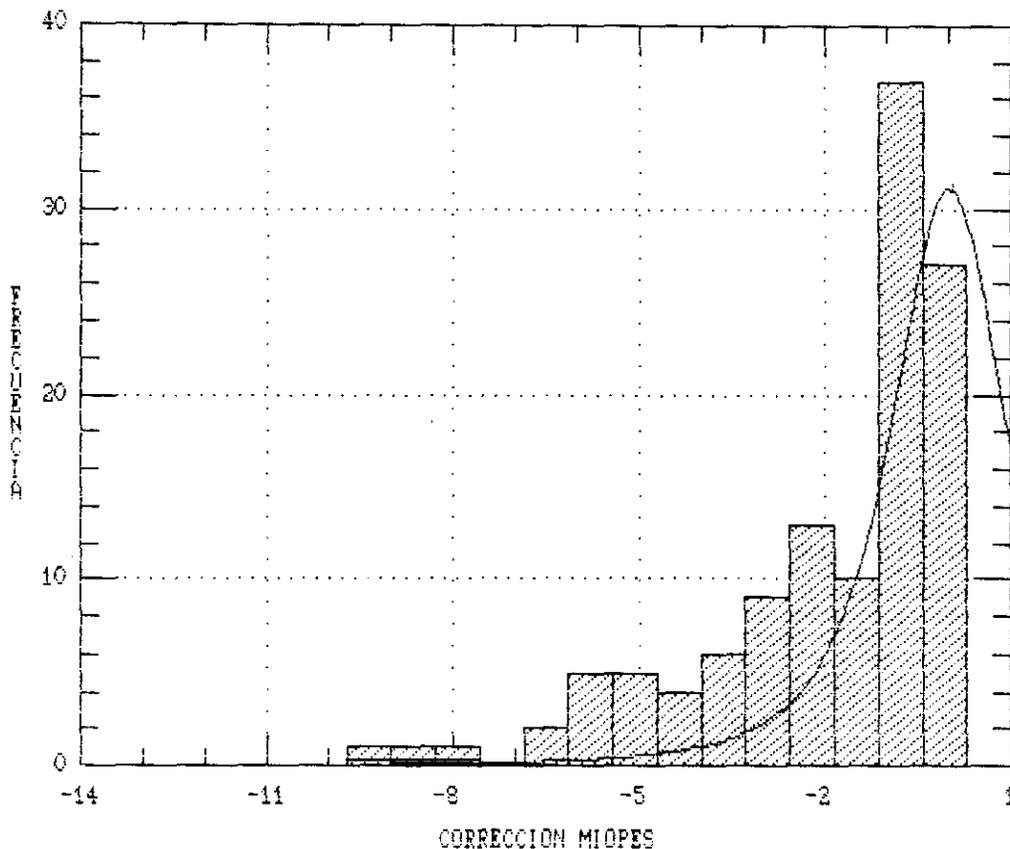
4.1.4.- CORRECCIÓN.

Al distribuir la muestra en los miopes e hipermétropes según el grado de corrección en dioptrías, vemos (como muestra las Figs. 27 y 28) que:

* En los miopes, la corrección varía de $- 0,125D$ (mínima) a $- 14D$ (máxima), con una media de $- 2,05D$ y una desviación típica de $2,27$. Es decir, la gran mayoría de los casos tienen una corrección entre 0 y $- 2D$, siendo $- 0,25D$ el valor más frecuente (la moda).

* En los hipermétropes, la corrección oscila de $+0,125D$ (mínima) a $+6,5 D$ (máxima), con una media de $+ 1,12D$ y una desviación típica de $0,95$. Por lo tanto, la mayor parte de los casos tienen una corrección entre 0 y $+ 2D$, siendo el valor más frecuente $+ 1D$ (la moda).

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

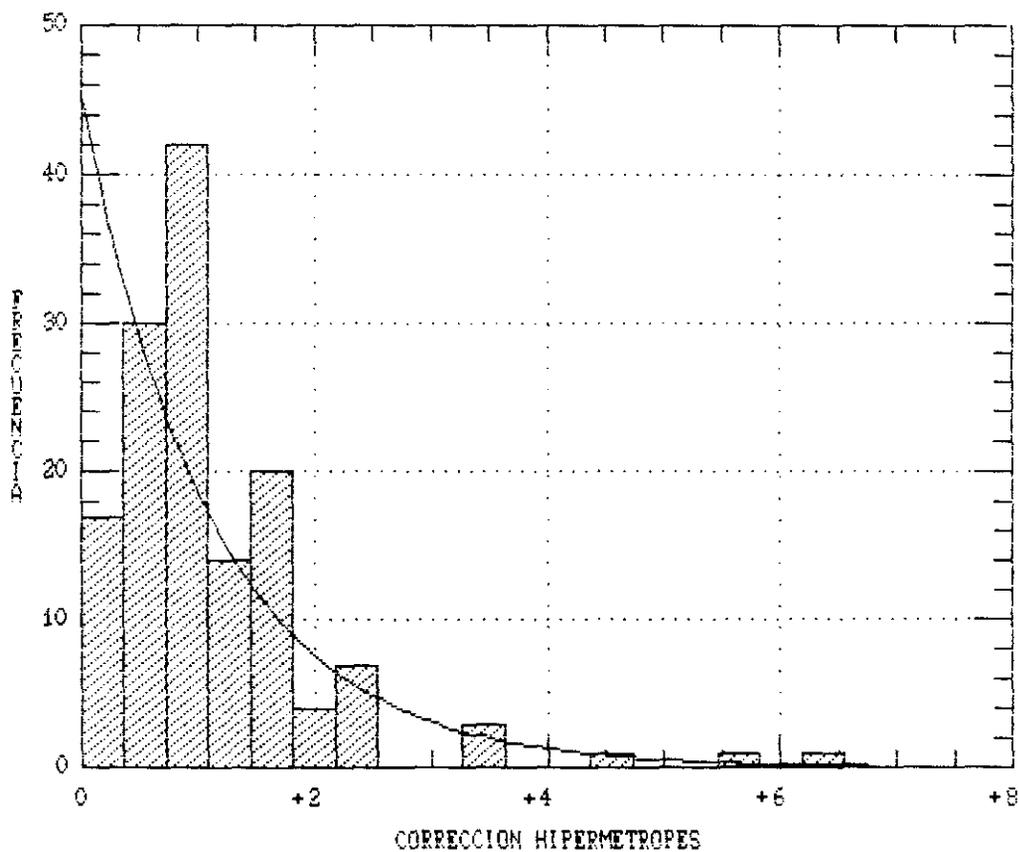


Fig. 27 (Gráf. Sup.): Distribución del grado de corrección en los miopes estudiados.

Fig. 28 (Gráf. Inf.): Distribución del grado de corrección en los hipermétropes estudiados.

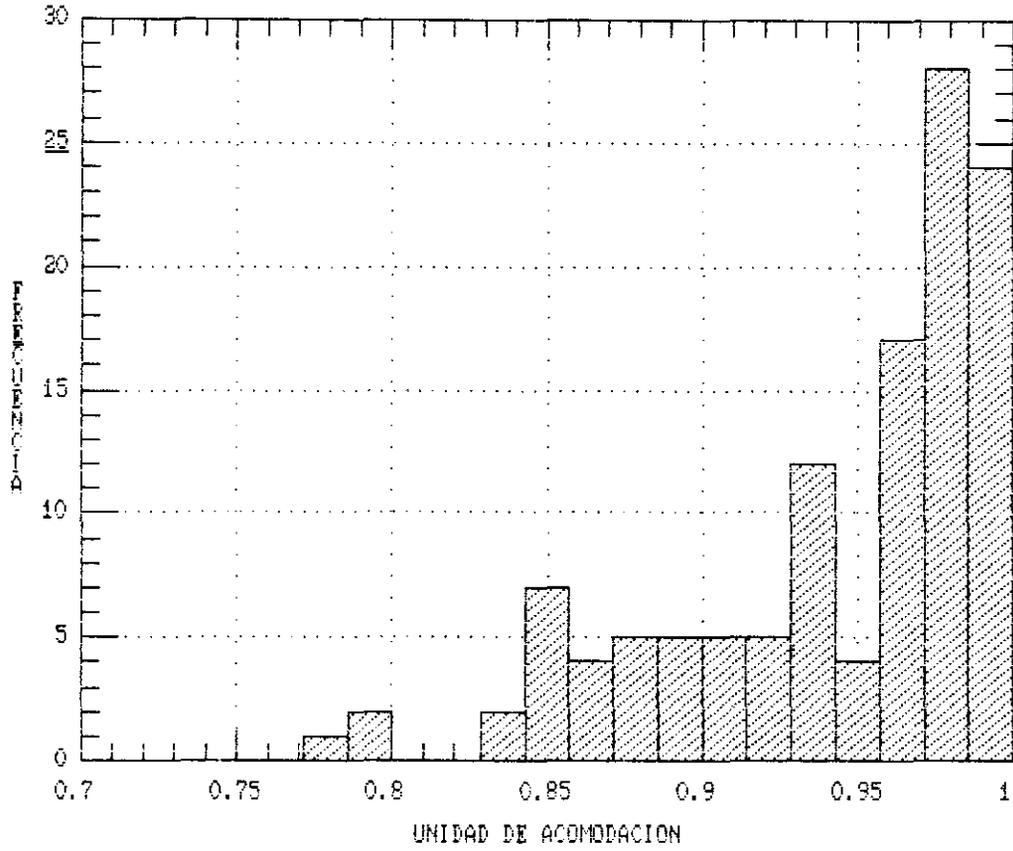
4.1.5.- UNIDAD DE ACOMODACIÓN.

En los miopes, la unidad de acomodación media, fue de 0,94, con una desviación típica de 0,05

En los hipermétropes, la unidad de acomodación media era de 1,05, con una desviación típica de 0,08.

En ambos casos, la unidad de acomodación, se representa mediante un histograma de frecuencias en las Figs. 29 y 30.

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS



HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

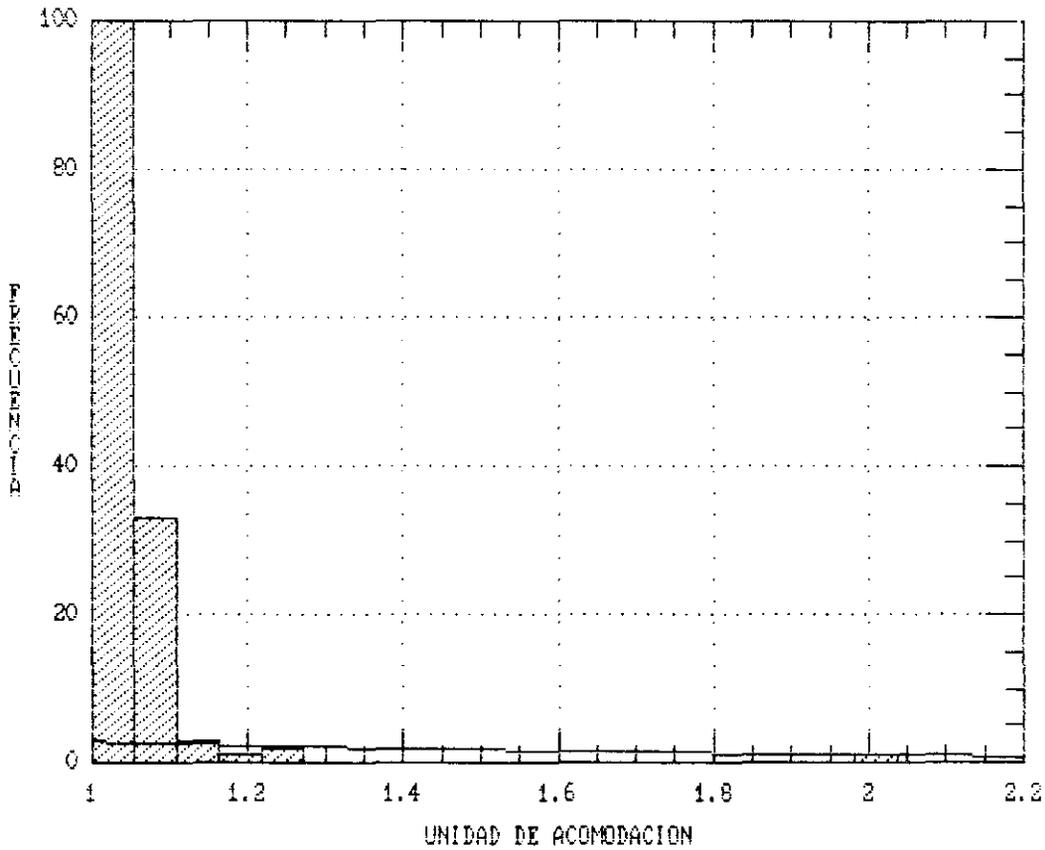


Fig. 29 (Gráf. Sup.): Distribución de la unidad de acomodación en los miopes.

Fig. 30 (Gráf. Inf): Distribución de la unidad de acomodación en los hipermetropes.

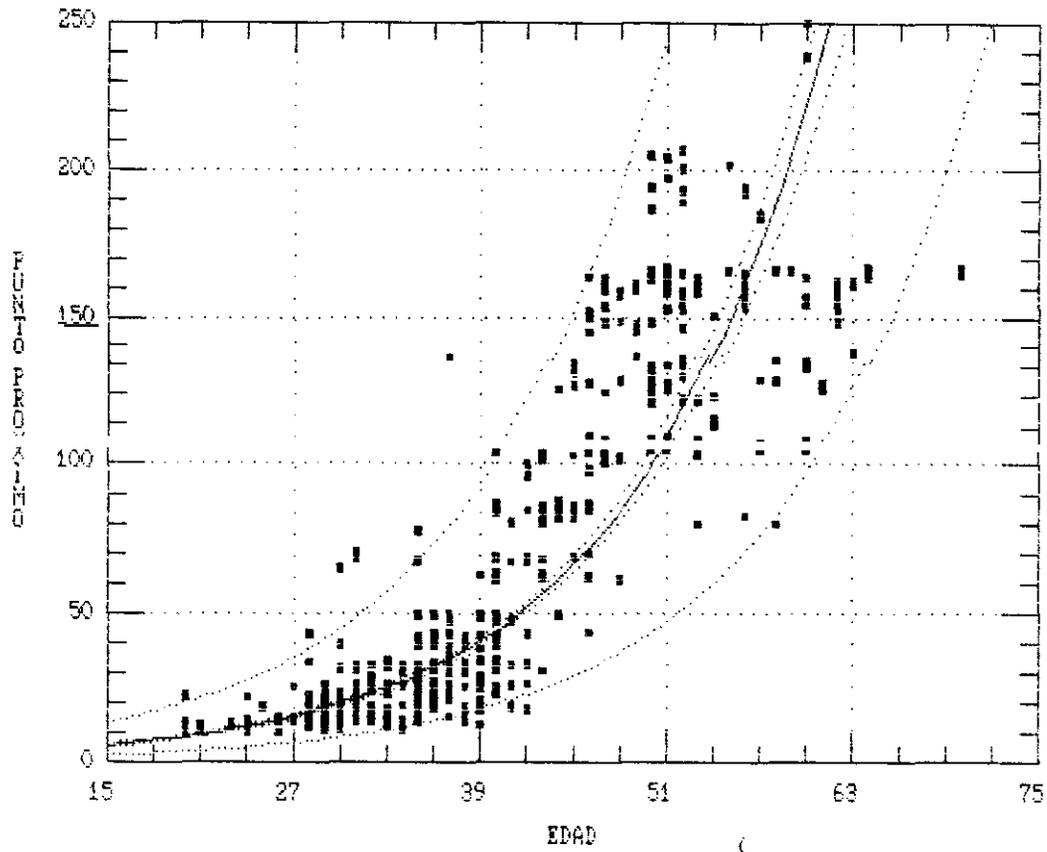
4.2.- PUNTO PRÓXIMO DE ACOMODACIÓN.

Mediante el estudio de regresión del p.p. frente a la edad, se obtienen unas curvas como se pueden observar en las Fig. 31, 32, 33, 34, según se trate del análisis de toda la muestra en conjunto o independiente para cada grupo refractivo. También ha sido representado en las mismas gráficas el análisis de residuos de regresión punto próximo respecto a la edad.

En las gráficas que representa la totalidad de los casos (Fig. 31), al analizar la curva, se observa como el p.p. de acomodación, se va alejando a medida que aumenta la edad del sujeto; distanciándose lentamente durante las primeras décadas de la vida hasta los 40 años aproximadamente, sufriendo a partir de esta edad un aumento marcado hasta aproximadamente los 50-52 años, edad a partir de la cual, el aumento es más suave.

Cuando estudiamos individualmente las curvas según el grupo refractivo (Figs. 32, 33, 34), vemos como en todos ellos la evolución del p.p. respecto a la edad, se comporta de forma bastante similar, a las anteriormente expuesta para la totalidad de los casos, aunque se observa que la curva de los emétopes, a partir de los 38 años se mantiene ligeramente inferior a la de los miopes y superior a la de los hipermetropes. Siendo antes de los 38 años la curva de los hipermetropes algo superior a las otras dos.

REGRESION PUNTO PROXIMO FRENTE A EDAD



RESIDUOS DE REGRESION PUNTO PROXIMO
RESPECTO A EDAD

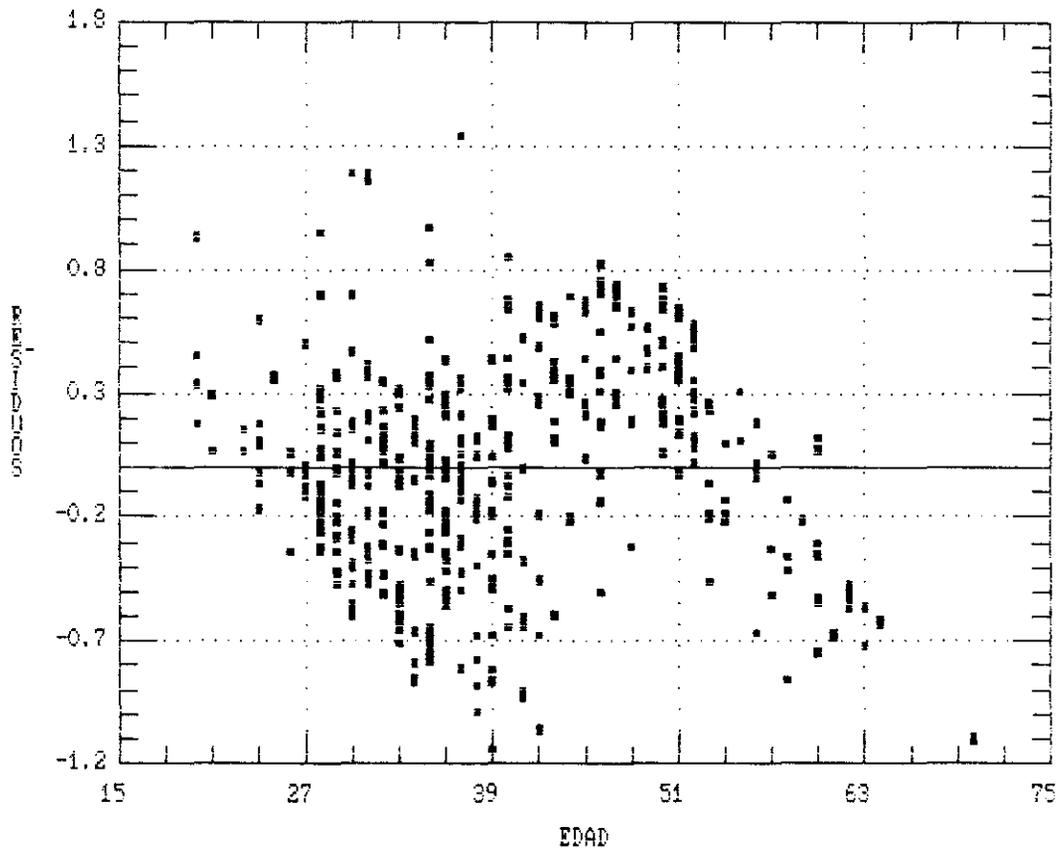
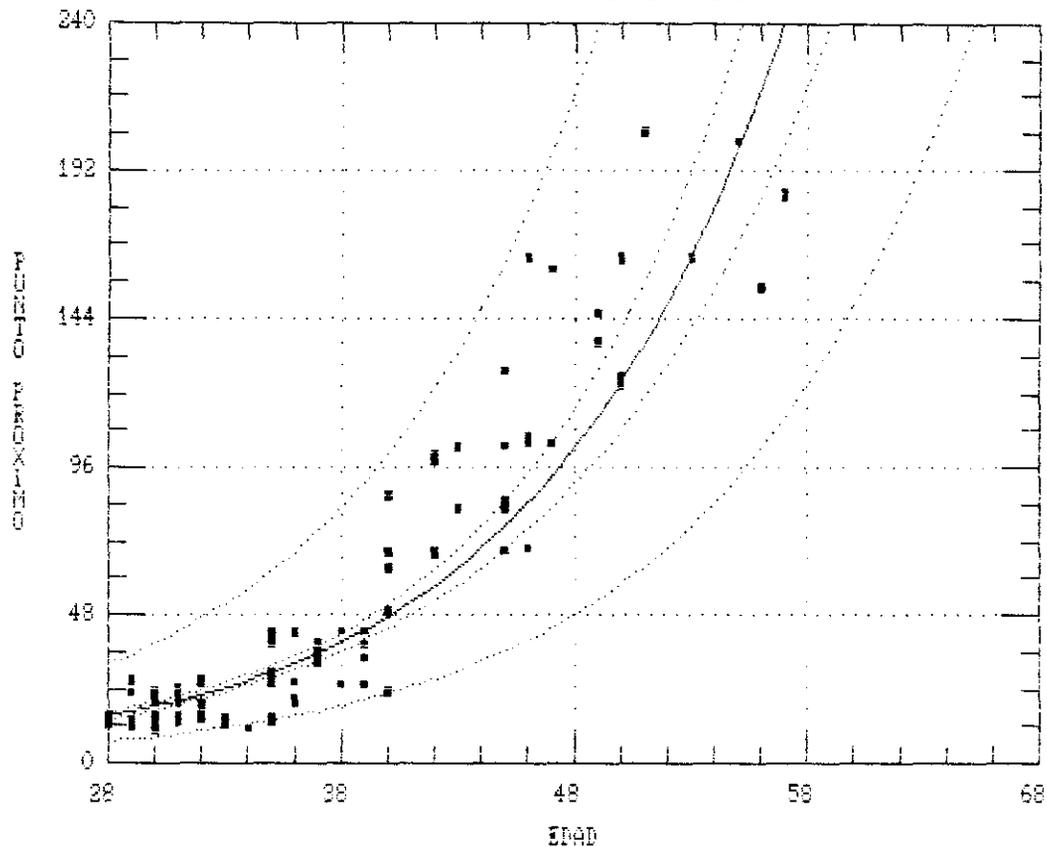


Fig. 31: Gráf. Sup.: Estudio de regresión del p.p. frente a la edad en toda la muestra; Gráf. Inf.: Residuos de regresión p.p. respecto a la edad.

ANÁLISIS DE REGRESIÓN EN MIOPES
PUNTO PROXIMO FRENTE A EDAD



Regression of C:\OJOS1.PUNPROX
on C:\OJOS1.EDAD

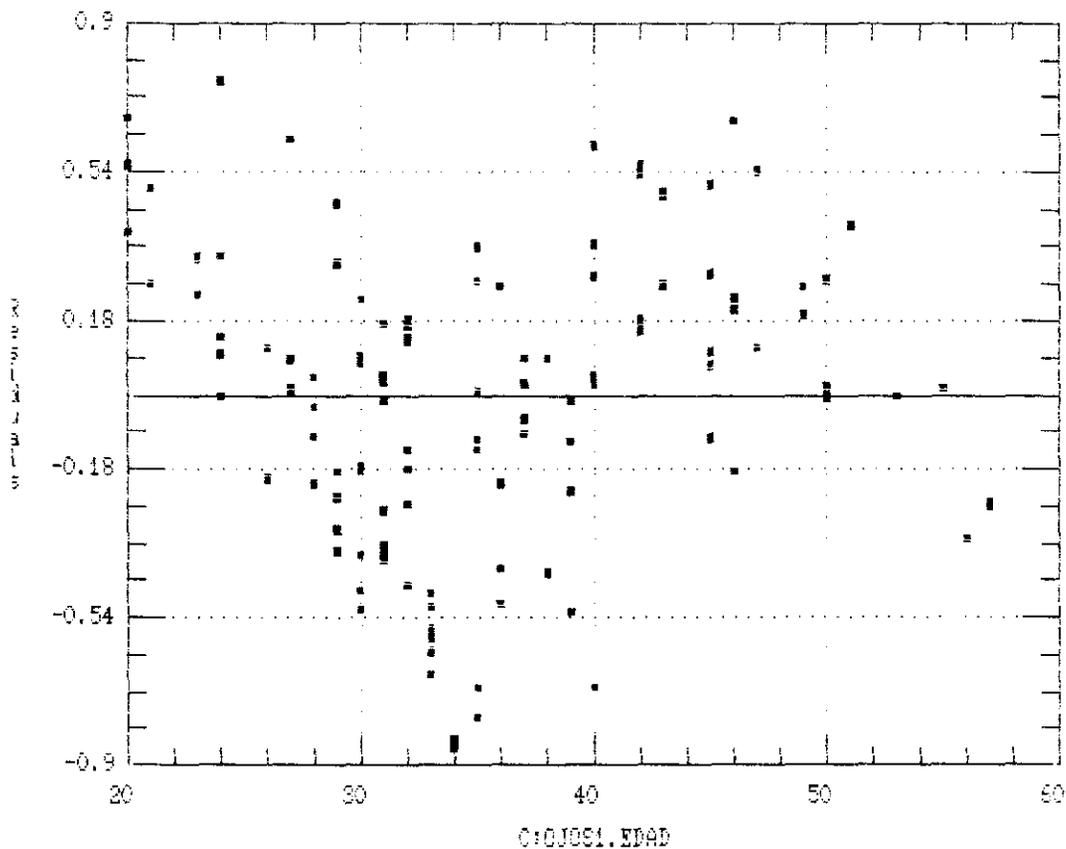
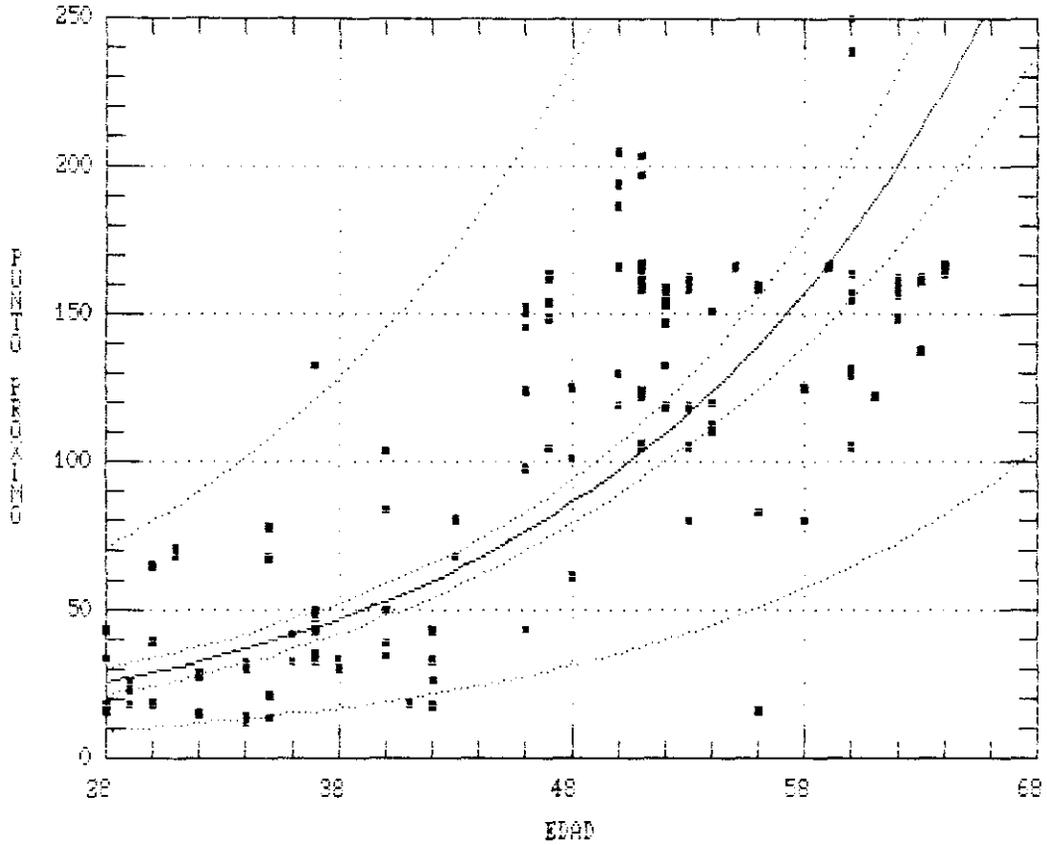


Fig. 32: Gráf. Sup.: Estudio de regresión del p.p. frente a la edad en miopes. Graf. Inf.: Residuos de regresión p.p. respecto a la edad

ANALISIS DE REGRESION EN HIPERMETROPOS
PUNTO PROXIMO FRENTE A EDAD



Regression of C:\OJOS2.PUNPROX
on C:\OJOS2.EDAD

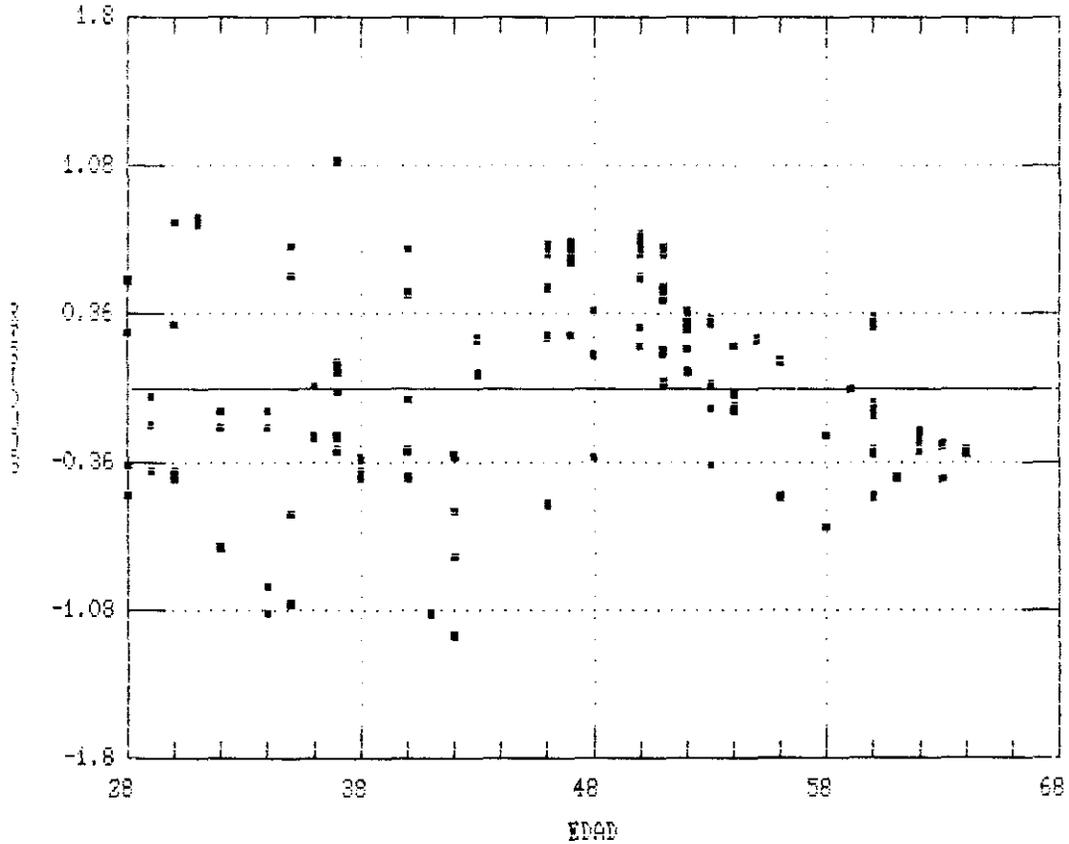
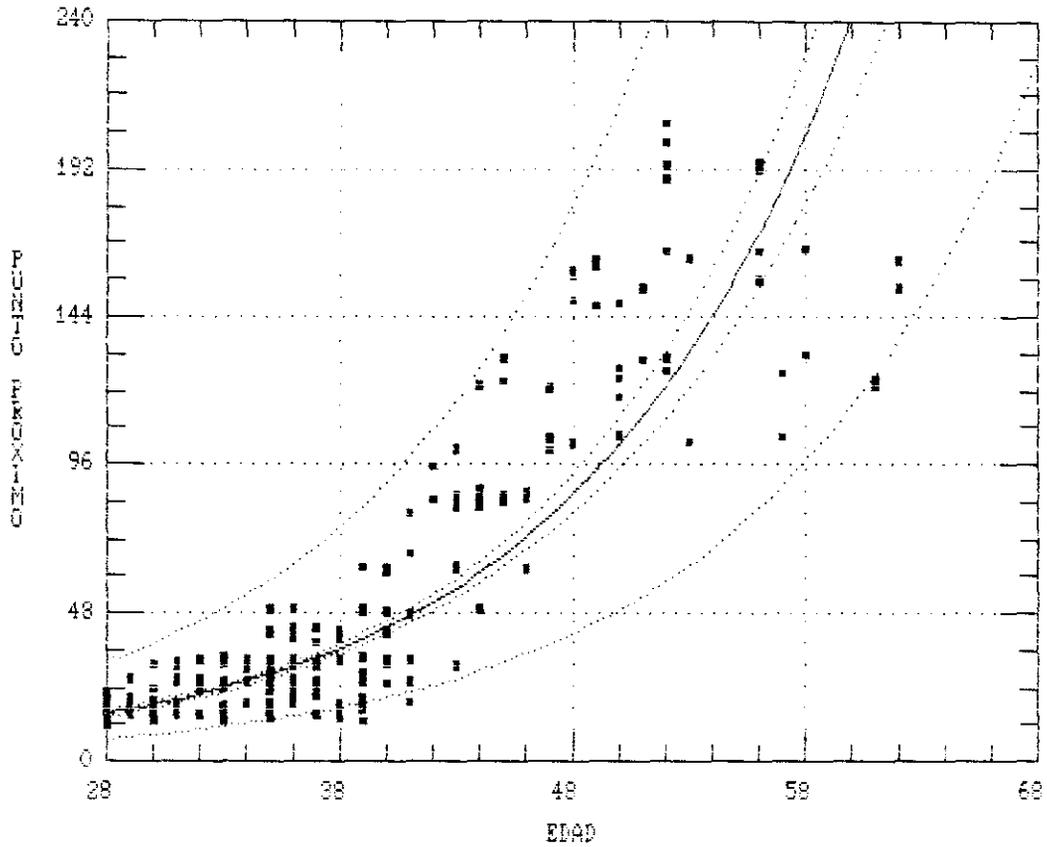


Fig. 33: Gráf. Sup.: Estudio de regresión del p.p. frente a la edad en hipermetropes. Graf. Inf.: Residuos de regresión p.p. respecto a la edad

ANÁLISIS DE REGRESIÓN EN EMETROPES
PUNTO PROXIMO FRENTE A EDAD



Regression of C:\OJOS3.PUNPROX
on C:\OJOS3.EDAD

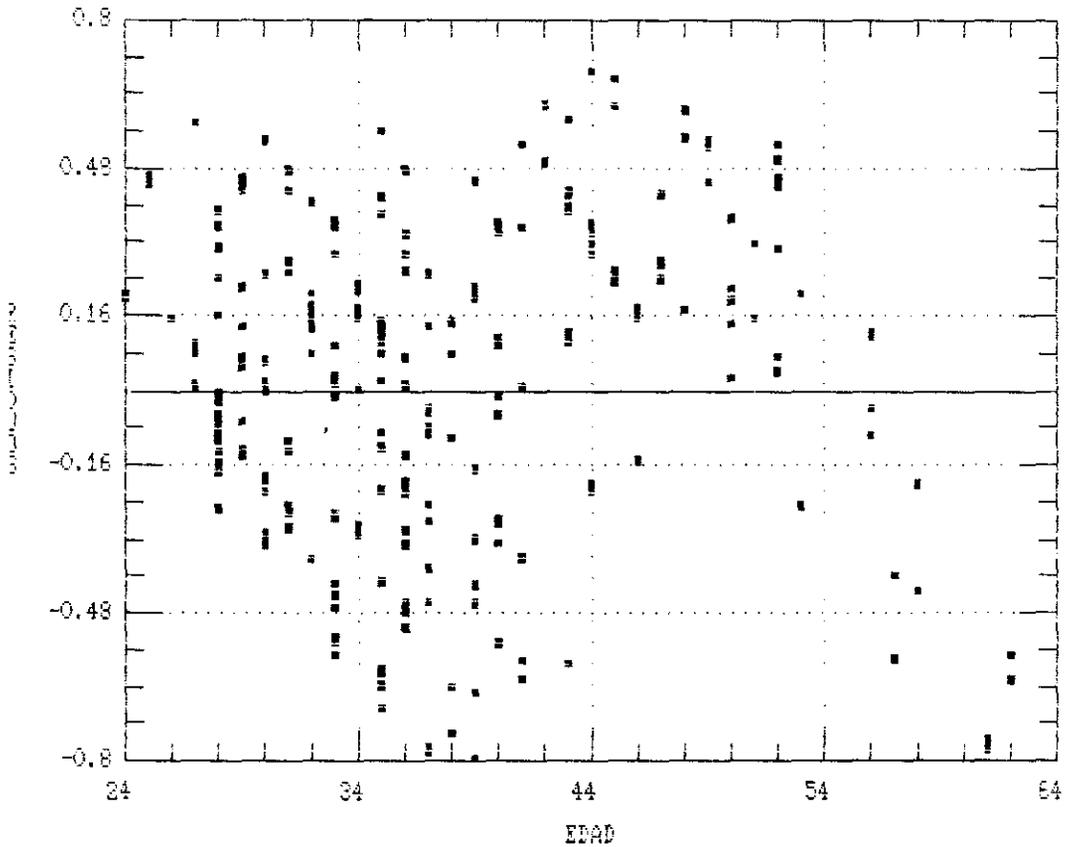


Fig. 34: Gráf. Sup.: Estudio de regresión del p.p. frente a la edad en emétropes. Graf. Inf.: Residuos de regresión p.p. respecto a la edad

4.3.- AMPLITUD DE ACOMODACIÓN.

4.3.1.- A.A. / EDAD.

A) *A.A. de acomodación obtenida directamente a través del p.p.*

Primero realizamos un estudio de regresión de la A.A. frente a la edad, para la totalidad de los casos, así como para cada grupo refractivo, miopes, hipermétropes y emétropes, por separado, como se muestra en las Figs. 35, 36, 37, 38, observando también, en las mismas, el análisis de residuos de regresión de la A.A. frente a la edad.

Destaca en todas las Figuras anteriores un descenso de A.A. a medida que aumenta la edad.

En la curva que representa la totalidad de los casos (Fig. 35), se observa un rápido descenso de la A.A. en la segunda y tercera década, así como un declive desde aproximadamente los 40 años ($\sim 2,5D$) hasta los 50 años ($\sim 1D$), para a partir de esta edad experimentar ligeras variaciones, manteniéndose prácticamente la trayectoria de la curva horizontal.

Cuando estudiamos cada grupo refractivo por separado, observamos, en las Figs. 36 y 38, de los miopes,

y emétopes, como las curvas siguen una evolución bastante parecida, a la anteriormente comentada, para todos los grupos. Sin embargo, en los hipermétropes (Fig. 37), la curva sigue una evolución similar y ligeramente superior a la de miopes y emétopes, a partir de los 38 años en adelante, ya que antes de esta edad la curva es inferior a la de éstos.

B) A.A. teniendo en cuenta la unidad acomodativa (U.A.)

Al realizar un estudio de regresión de la A.A. con respecto a la edad, teniendo presente la unidad acomodativa, obtenemos resultados gráficos (Figs. 39, 40, 41, 42), similares a los obtenidos en el apartado anterior (A).

Existiendo en relación al estudio anterior (apartado A), un ligero ascenso de la curva de los hipermétropes, un ligero descenso de la de los miopes, así como permanece invariable la curva de los emétopes.

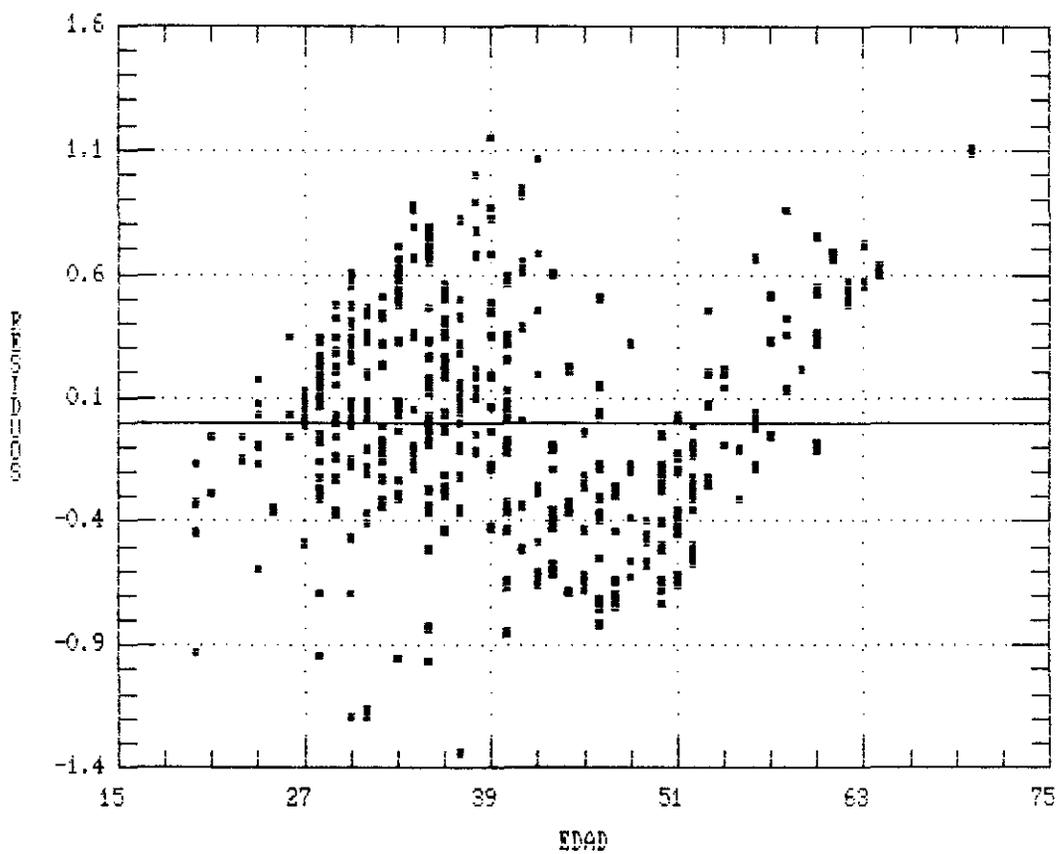
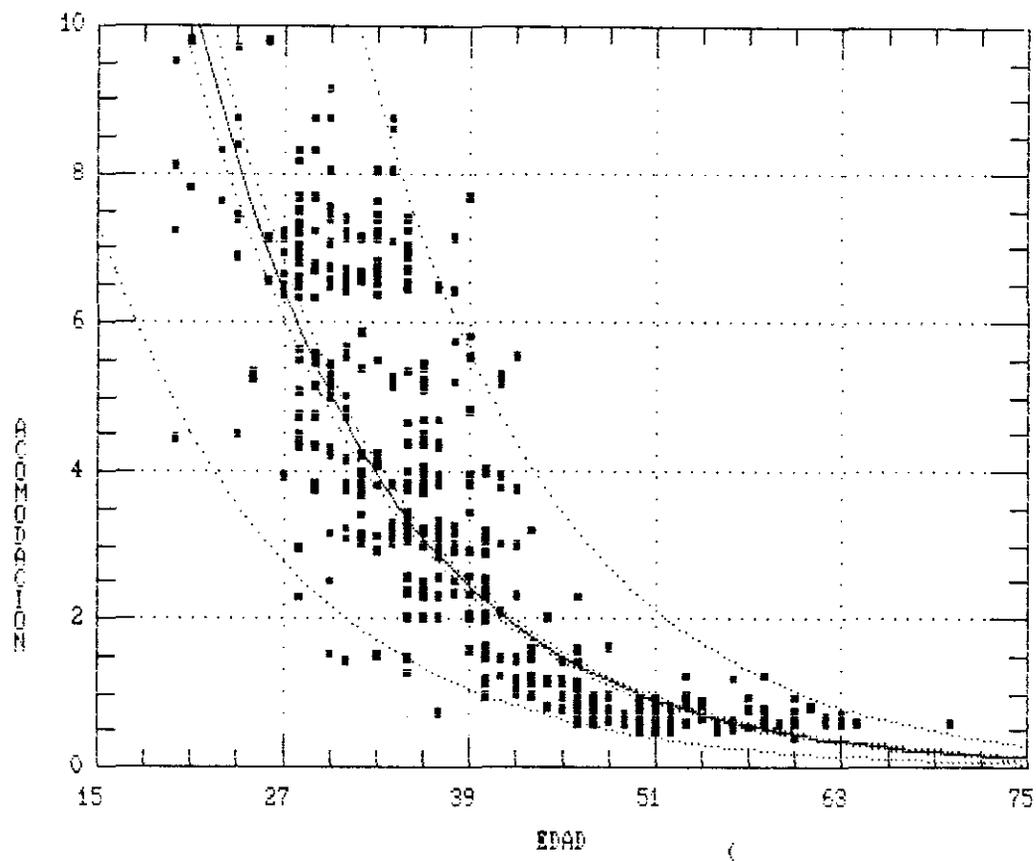


Fig. 35: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la amplitud de acomodación frente a la edad, en el total de la muestra; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. frente a la edad.

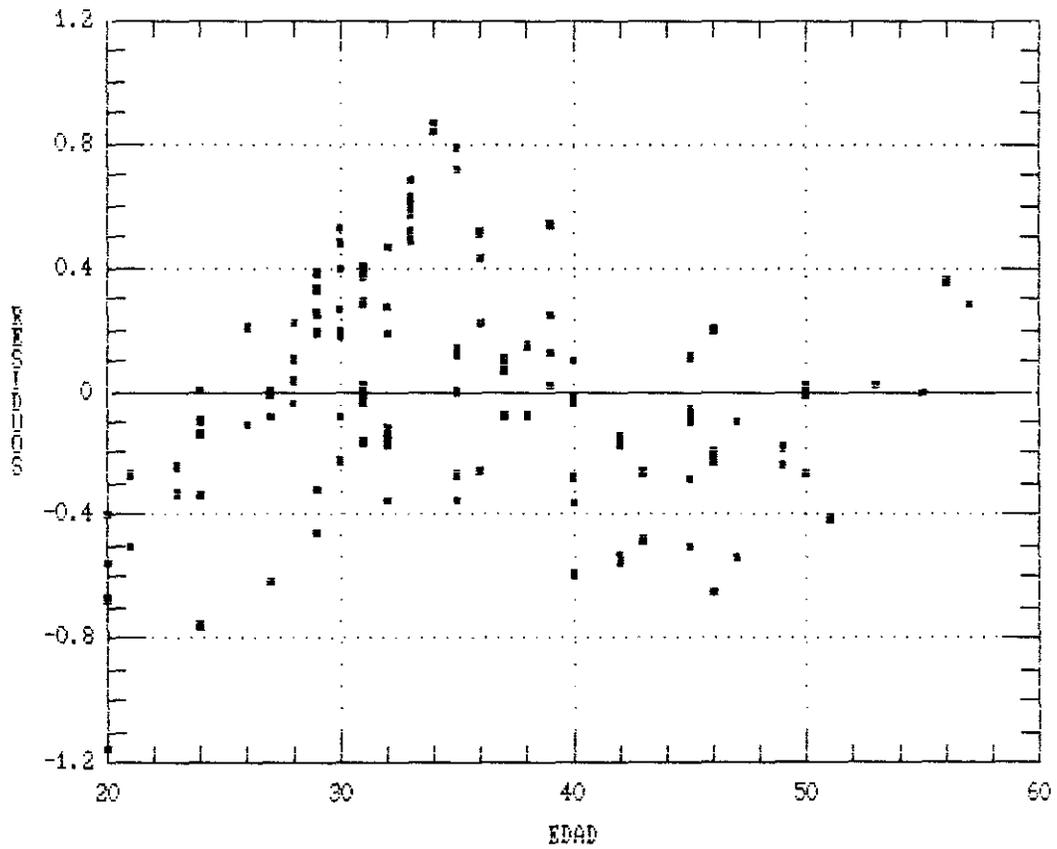
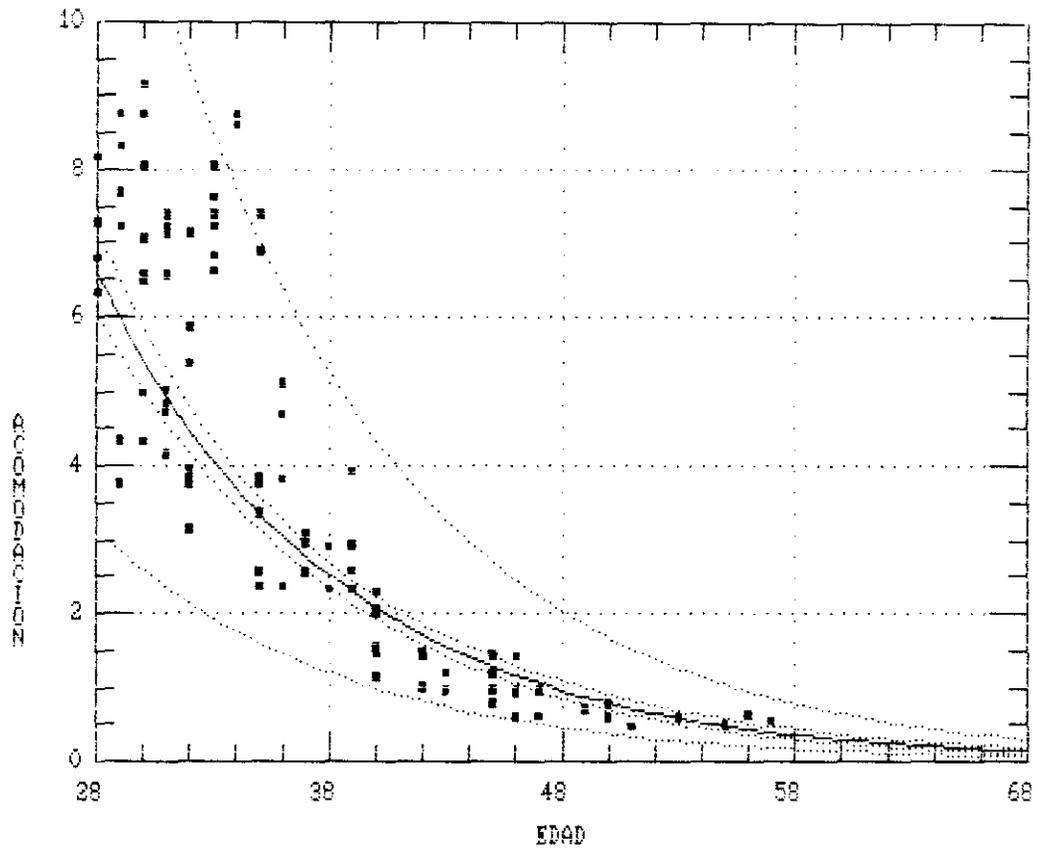


Fig. 36: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la amplitud de acomodación frente a la edad, en los miopes; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. frente a la edad.

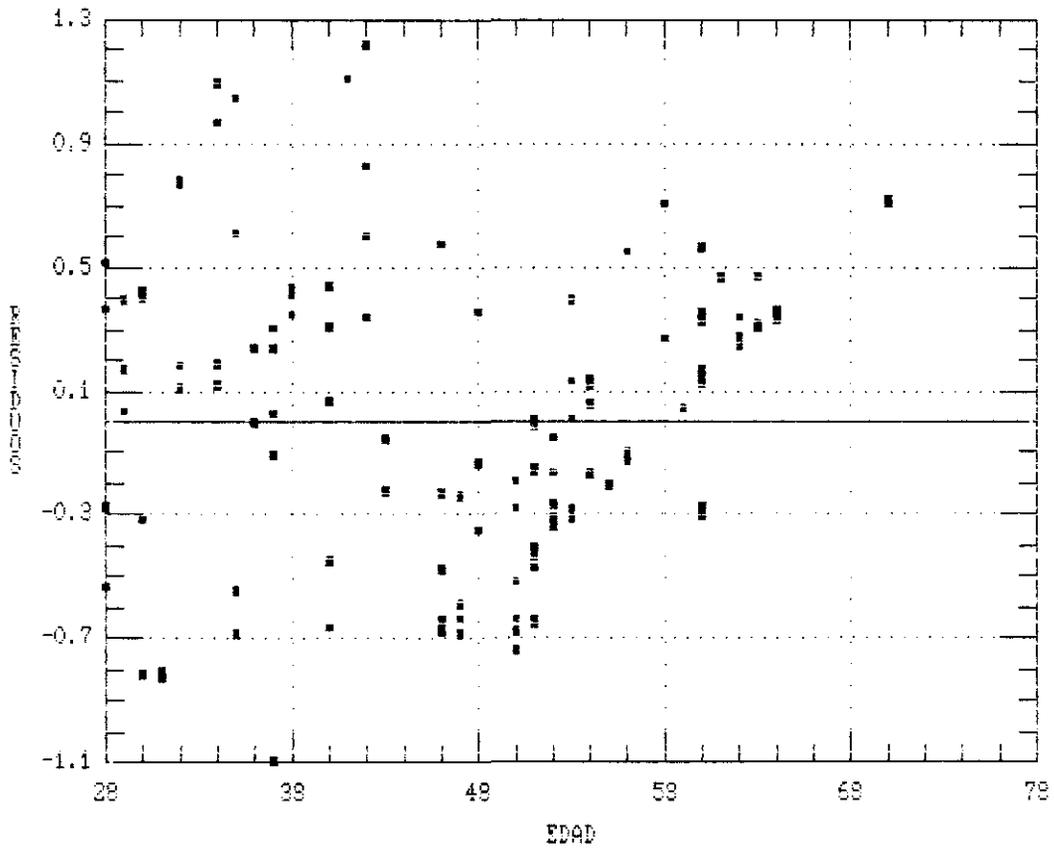
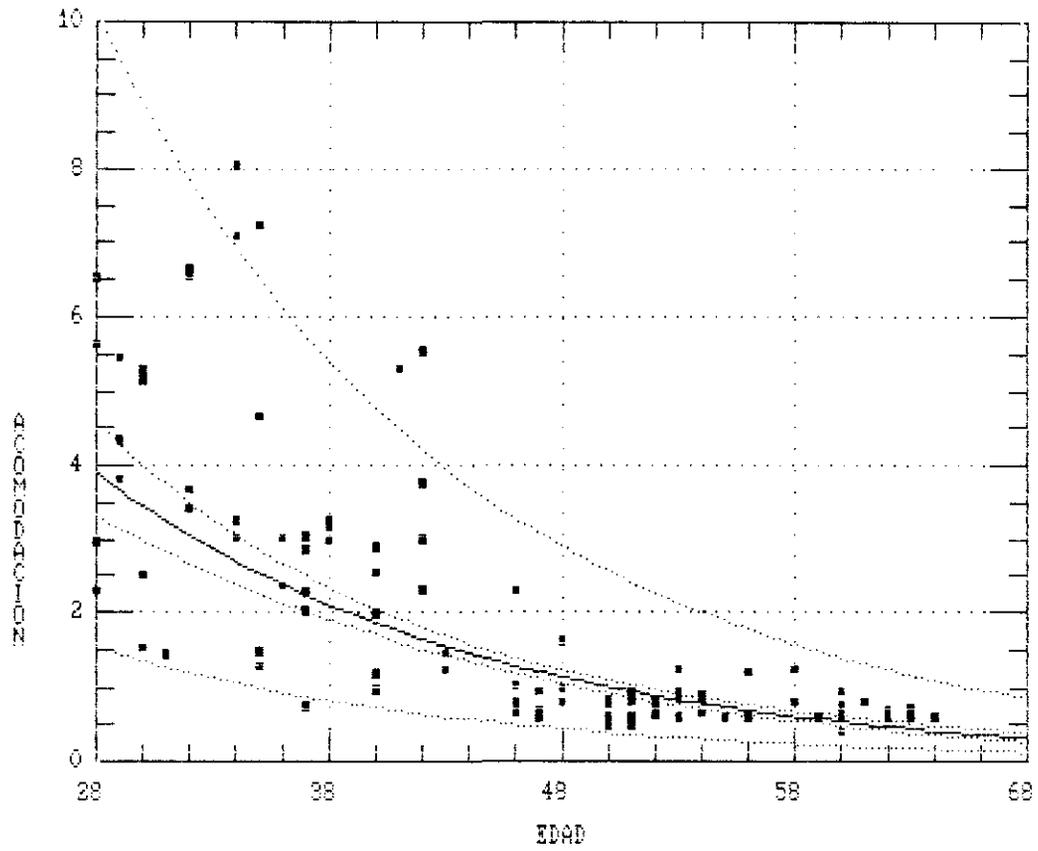


Fig. 37: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la amplitud de acomodación frente a la edad, en los hipermetropes; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. frente a la edad.

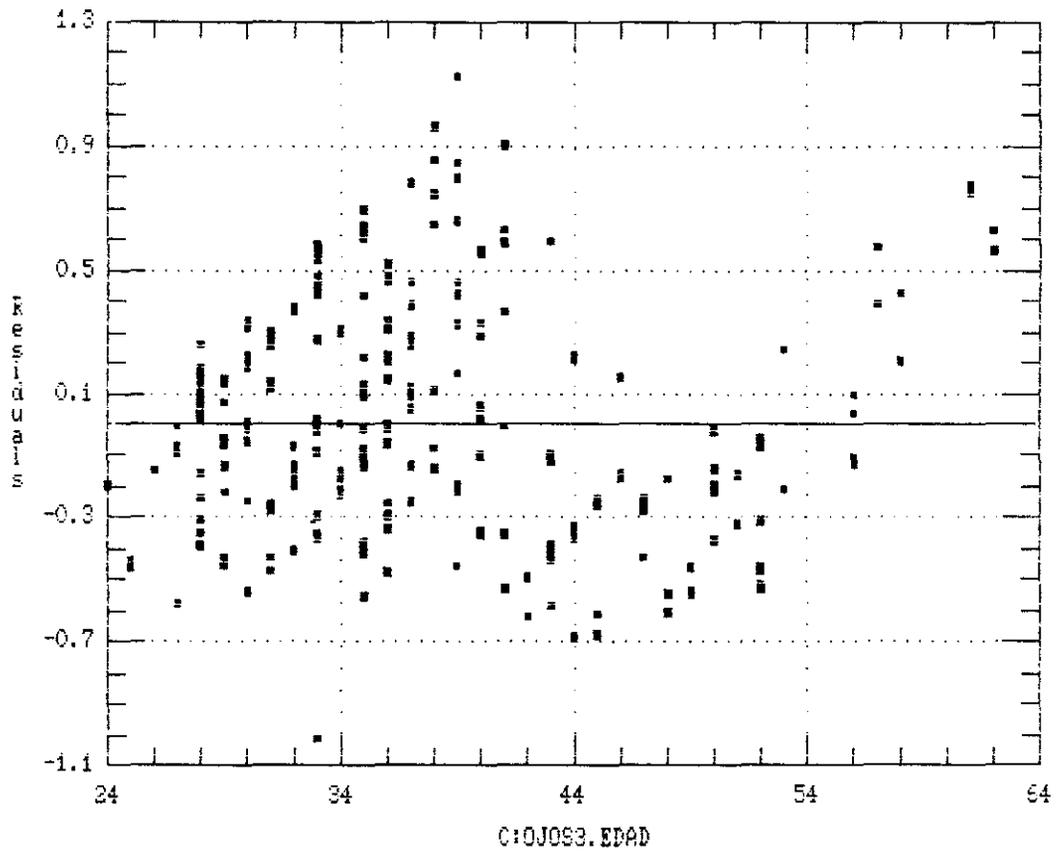
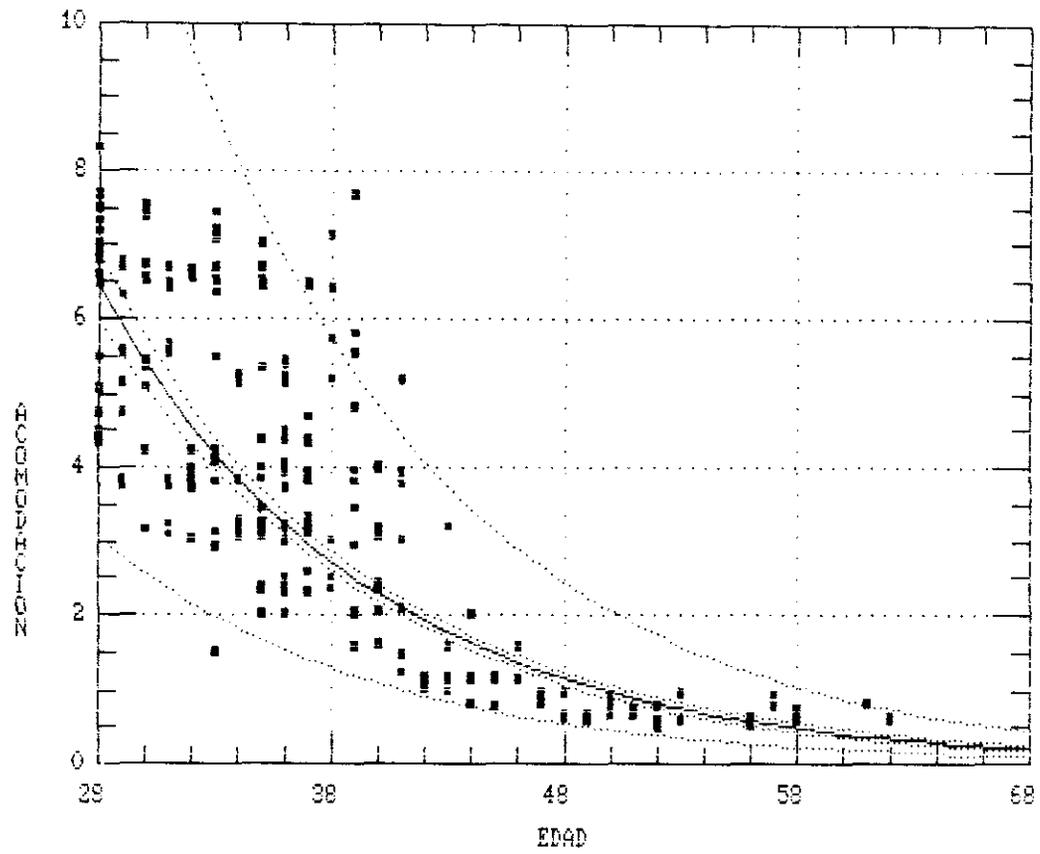


Fig. 38: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la amplitud de acomodación frente a la edad, en los emétopes; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. frente a la edad.

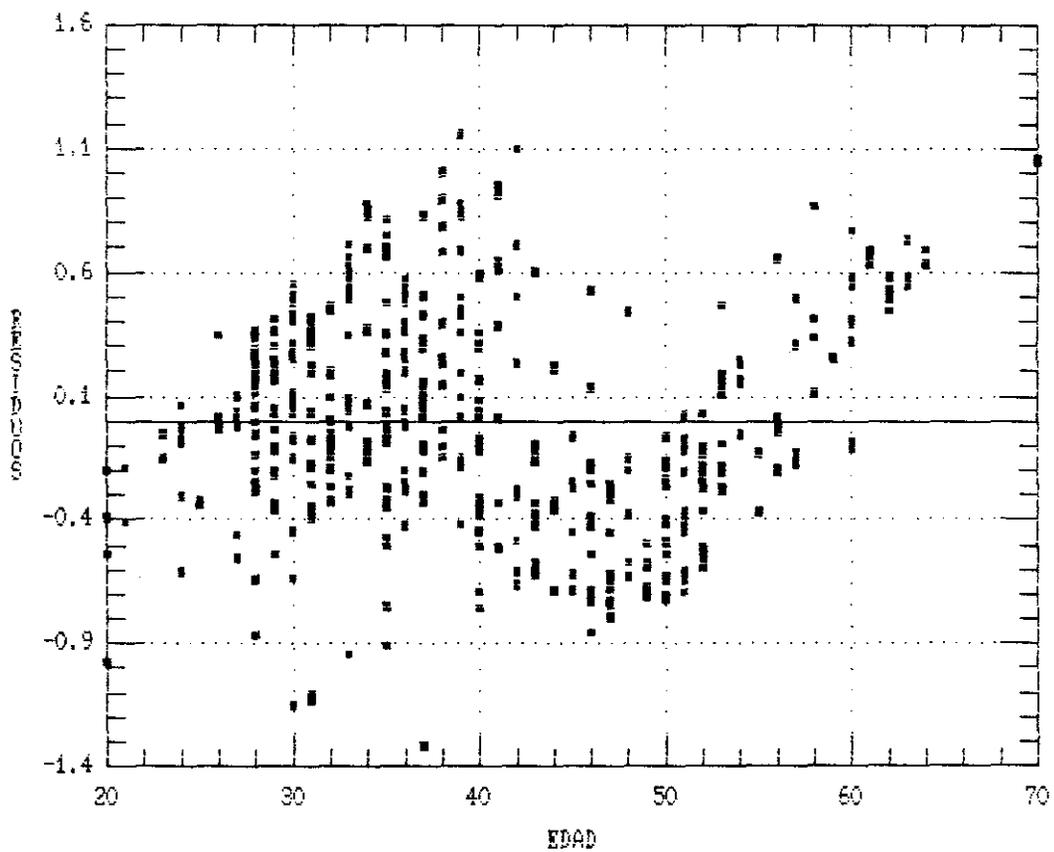
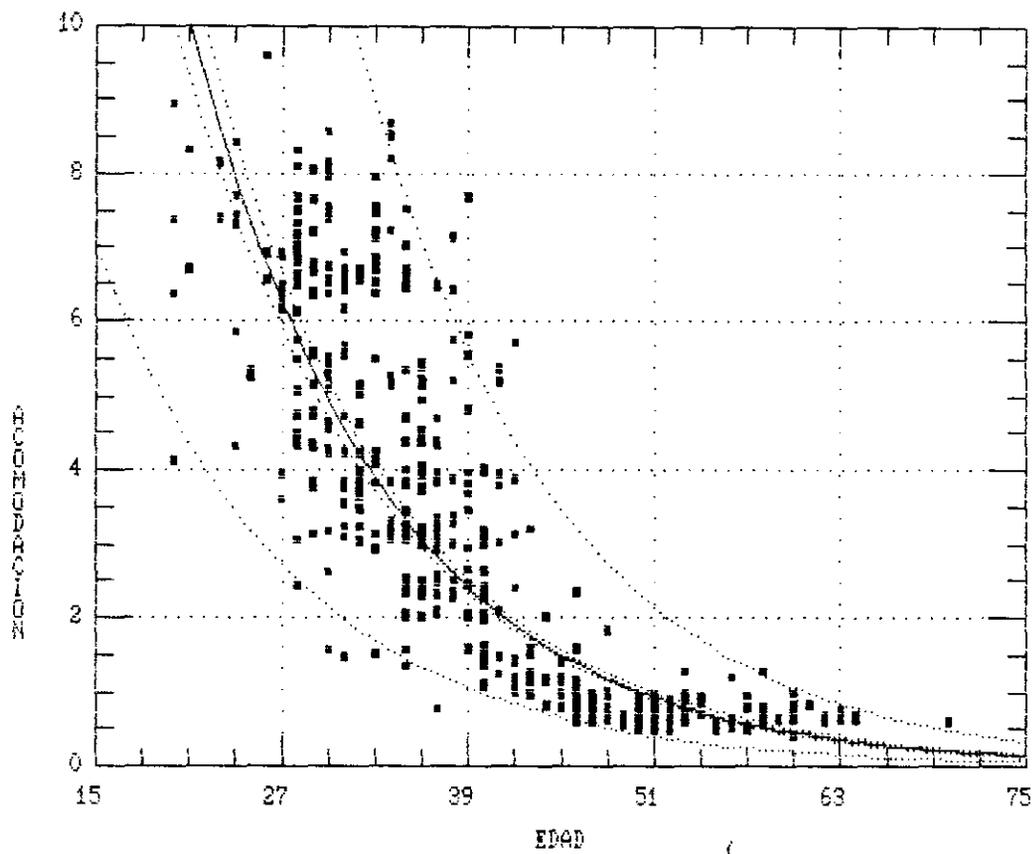


Fig. 39: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la A.A. (U.A.) frente a la edad, en toda la muestra; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. (U.A.) frente a la edad.

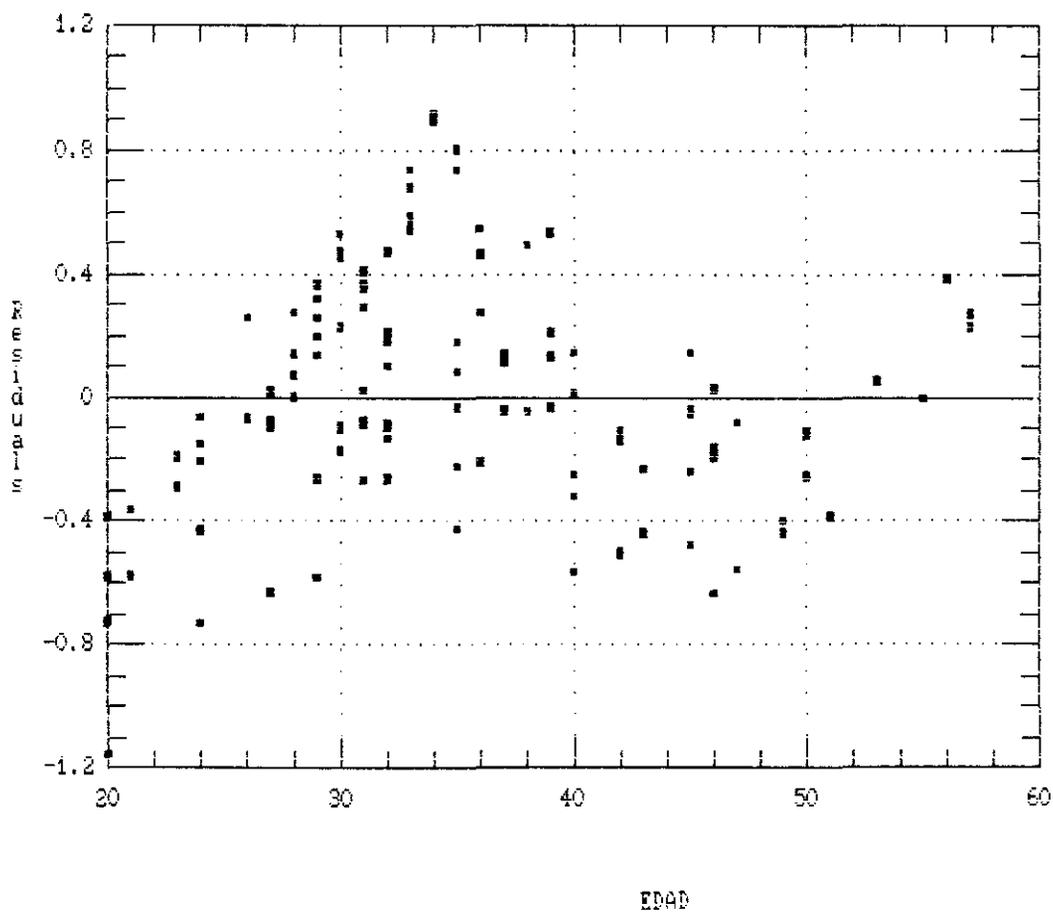
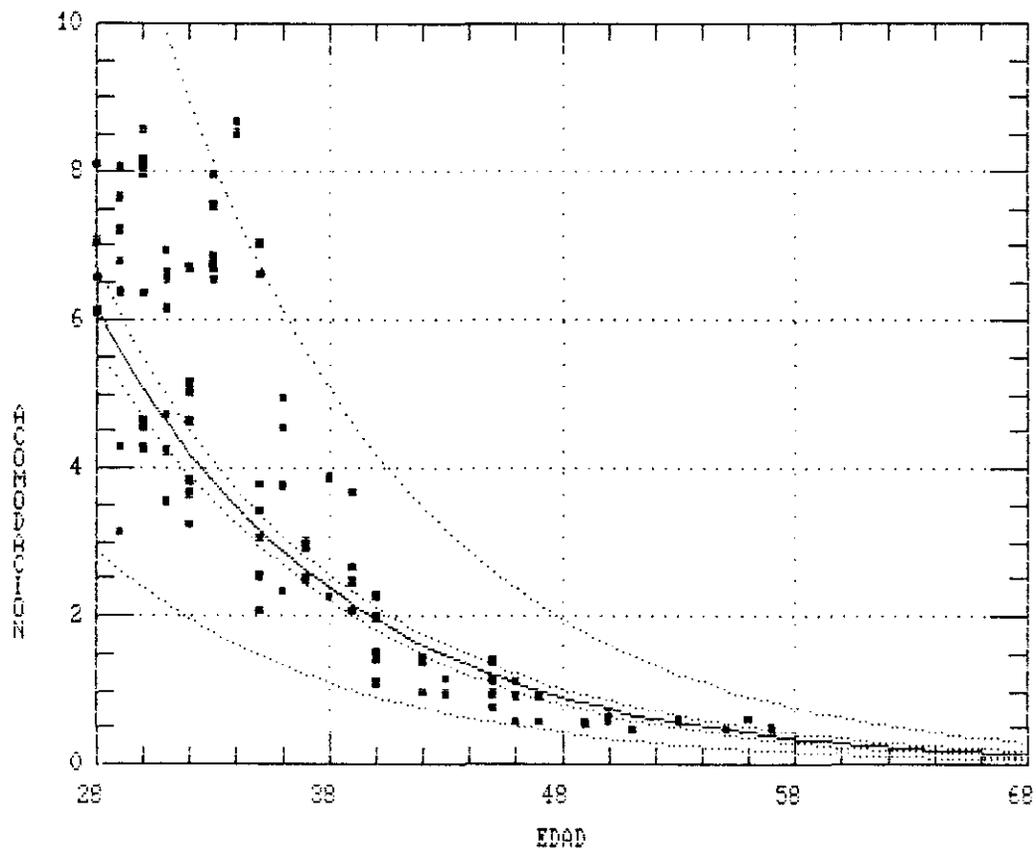


Fig. 40: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la A.A. (U.A.) frente a la edad, en los miopes; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. (U.A.) frente a la edad.

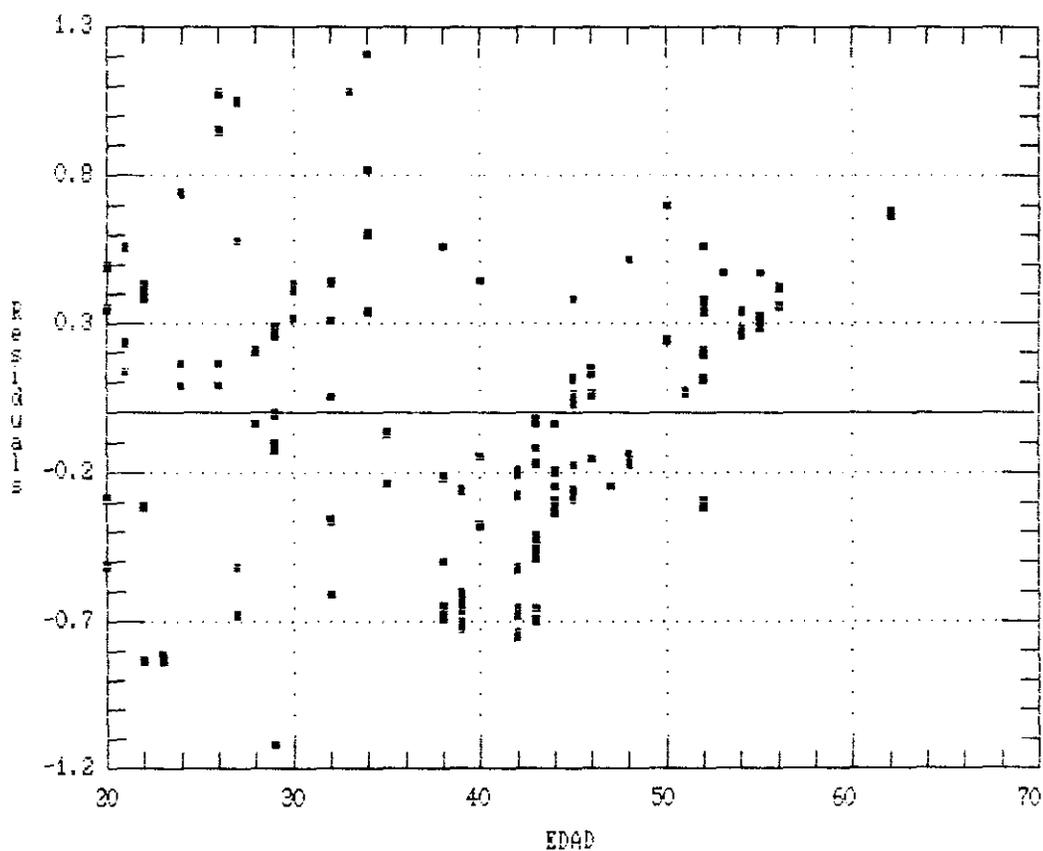
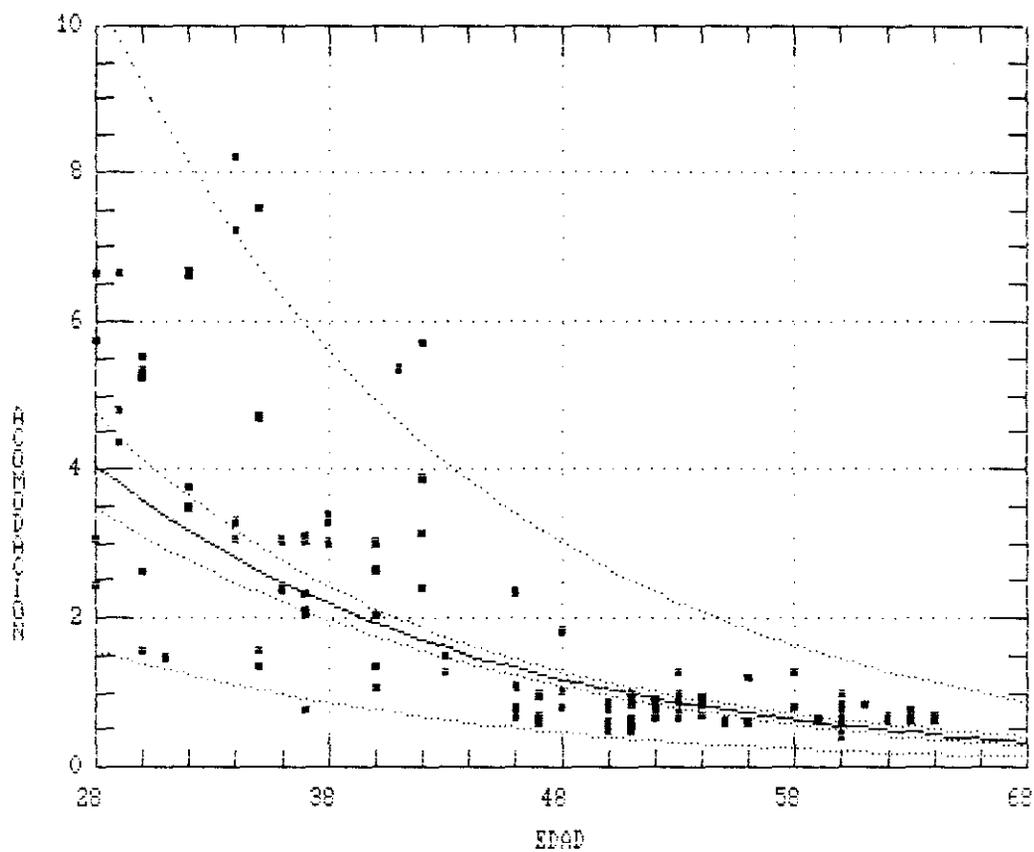


Fig. 41: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la A.A. (U.A.) frente a la edad, en los hipermétropes; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. (U.A.) frente a la edad.

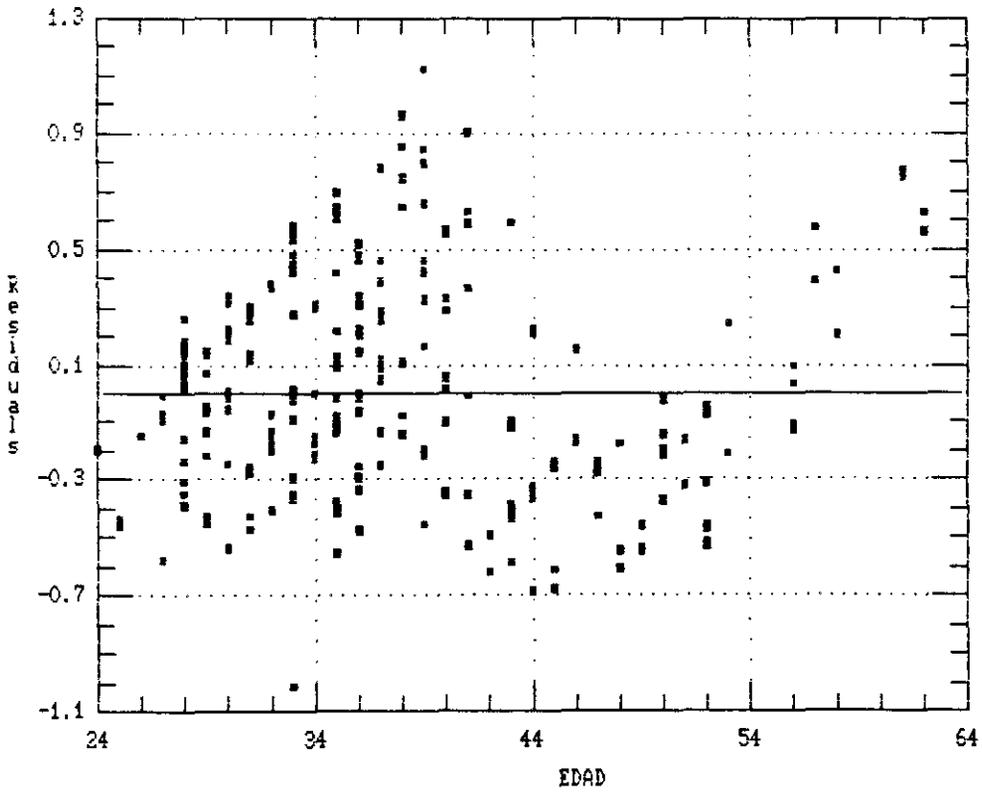
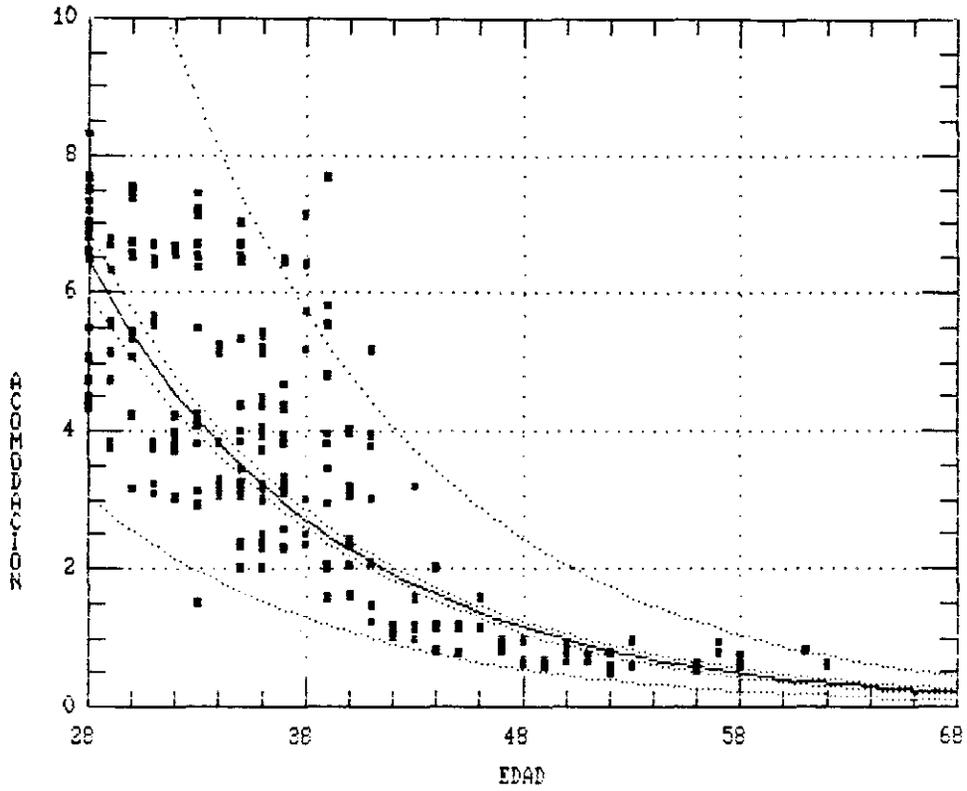


Fig. 42: Gráf. Sup.: Estudio de regresión de la A.A. (U.A.) frente a la edad, en los emétropes; Gráf. Inf.: Residuos de regresión A.A. (U.A.) frente a la edad.

4.3.2.- A.A. / GRUPO DE EDAD

A) A.A. y A.A. (U.A.) frente al grupo de edad.

Al estudiar las dos variables, A.A. y A.A. (U.A.), frente a determinados grupos de edad, mediante la prueba χ^2 observamos que existe una relación dependiente entre una como entre otra para la muestra en conjunto y los grupos de edad, con un $p = 0,05$ (Figs. 43, 44).

B) A.A. y A.A. (U.A.) frente al grupo refractivo (miopes, hipermétropes y emétropes)

Dividimos la muestra en dos grupos de edad: ≤ 37 años y \geq de 38 años, con el fin de estudiar la dependencia entre la A.A. para dichos grupos de edad y su estado refractivo. Observamos, al realizar la prueba χ^2 que para ambos grupos de edad existe una relación entre la A.A. y el grupo refractivo, con un $p = 0,05$ (Figs. 45, 46). Resultados similares, encontramos al realizar este estudio respecto a la A.A. (U.A.) (Fig. 47, 48).

Explicación de la composición de las Fig. 43 a 48.

Los valores que aparecen en cada cuadro indican:

- El superior, % sobre el total de la fila.
- El central, % sobre el total de la columna.
- El inferior, % sobre el total general.

Los valores entre paréntesis indican % sobre el total general.

EDAD (años)	A.A.				Total
	< 2,5	2,5-4	4-5,5	> 5	
< 30	1,9 ,8 ,4	9,4 9,5 1,9	23,6 41,7 4,8	65,1 59,5 13,2	106 (20,3)
31-35	8,4 3,7 1,7	41,1 41,9 8,4	15,0 26,7 3,1	35,5 32,8 7,3	107 (20,5)
> 36	74,5 95,5 44,2	16,5 48,6 9,8	6,1 31,7 3,6	2,9 7,8 1,7	310 (59,3)
Total	242 (46,3)	105 (20,1)	60 (11,5)	116 (22,2)	523 (100,0)

Fig. 43: Tabla de contingencia que muestra la relación entre la AA. de toda la muestra y la edad (agrupada en años).

$$\chi^2_6 = 12,59 < 334,26$$

EDAD (años)	A.A. (U.A.)				Total
	< 2,5	2,5-4	4-5,5	> 5	
< 30	2,8 1,2 ,6	8,5 8,8 1,7	23,6 41,0 4,8	65,1 60,0 13,2	106 (20,3)
31-35	8,4 3,7 1,7	41,1 43,1 8,4	15,9 27,9 3,3	34,6 32,2 7,1	107 (20,5)
> 36	75,2 95,1 44,6	15,8 48,0 9,4	6,1 31,1 3,6	2,9 7,8 1,7	310 (59,3)
Total	245 (46,8)	102 (19,5)	61 (11,7)	115 (22,0)	523 (100,0)

Fig. 44: Tabla de contingencia que muestra la relación entre la A.A. (U.A.) de toda la muestra y la edad (agrupada en años).

$$\chi^2_6 = 12,59 < 336,37$$

ESTADO REFRACTIVO	A.A.			Total
	< 2,5	2,5-3,5	> 3,5	
MIOPE	2,6	9,0	88,5	78 (29,1)
	8,3	14,9	35,0	
	,7	2,6	25,7	
HIPERMETROPE	35,1	21,6	43,2	37 (13,8)
	54,2	17,0	8,1	
	4,9	3,0	6,0	
EMETROPE	5,9	20,9	73,2	153 (57,1)
	37,5	68,1	56,9	
	3,4	11,9	41,8	
Total	24 (9,0)	47 (17,5)	197 (73,5)	268 (100,0)

Fig. 45: Tabla de contingencia que muestra la relación entre la A.A. y el grupo refractivo, en sujetos \leq de 37 años.

$$\chi^2_4 = 9,49 < 45,08$$

ESTADO REFRACTIVO	A.A.			Total
	< 1	1-2	> 2	
MIOPE	50,0	31,8	18,2	44 (17,3)
	14,7	27,5	14,8	
	8,6	5,5	3,1	
HIPERMETROPE	79,6	8,7	11,7	103 (40,4)
	54,7	17,6	22,2	
	32,2	3,5	4,7	
EMETROPE	42,6	25,9	31,5	108 (42,4)
	30,7	54,9	63,0	
	18,0	11,0	13,3	
Total	150 (58,8)	51 (20,0)	54 (21,2)	255 (100,0)

Fig. 46: Tabla de contingencia que muestra la relación entre la A.A. y el grupo refractivo en sujetos \geq de 38 años.

$$\chi^2_4 = 9,49 < 34,50$$

ESTADO REFRACTIVO	A.A. (U.A.)			Total
	< 2,5	2,5-3,5	> 3,5	
MIOPE	5,1	10,3	84,6	78 (29,1)
	15,4	16,7	34,0	
	1,5	3,0	24,6	
HIPERMETROPE	35,1	21,6	43,2	37 (13,8)
	50,0	16,7	8,2	
	4,9	3,0	6,0	
EMETROPE	5,9	20,9	73,2	153 (57,1)
	34,6	66,7	57,7	
	3,4	11,9	41,8	
Total	26 (9,7)	48 (17,9)	194 (72,4)	268 (100,0)

Fig. 47: Tabla de contingencia que muestra la relación entre la A.A. (U.A.) y el grupo refractivo en sujetos \leq de 37 años.

$$\chi^2_4 = 9,49 < 38,226$$

ESTADO REFRACTIVO	A.A. (U.A.)			Total
	< 1	1-2	> 2	
MIOPE	52,3	31,8	15,9	44 (17,3)
	15,4	26,9	13,0	
	9,0	5,5	2,7	
HIPERMETROPE	77,7	9,7	12,6	103 (40,4)
	53,7	19,2	24,1	
	31,4	3,9	5,1	
EMETROPE	42,6	25,9	31,5	108 (42,4)
	30,9	53,8	63,0	
	18,0	11,0	13,3	
Total	149 (58,4)	52 (20,4)	54 (21,2)	255 (100,0)

Fig. 48: Tabla de contingencia que muestra la relación entre la A.A. (U.A.) y el grupo refractivo, en sujetos \geq de 38 años.

$$\chi^2_4 = 9,49 < 31,20$$

4.3.3.- A.A. FRENTE A O.D. - O.I.

Realizamos un estudio mediante tablas de contingencia (Fig. 49) de la A.A. de toda la muestra frente al O.D. y O.I., aceptando la independencia entre la A.A. y el ojo que se observa (O.D., O.I.), con un nivel de significación del 5% ($p = 0,05$).

Obtenemos el mismo resultado, al analizar mediante tablas de contingencia (Fig. 50), la A.A. de toda la muestra teniendo en cuenta la unidad acomodativa frente al O.D. y O.I., observando que la A.A. es independiente del ojo estudiado ($p = 0,05$).

Explicación de la composición de las Figs. 49 y 50.

Los valores que aparecen en cada cuadro indican:

- El superior, % sobre el total de la fila.*
- El central, % sobre el total de la columna.*
- El inferior, % sobre el total general.*

Los valores entre paréntesis indican % sobre el total general.

OJO	A.A.					Total
	< 1	1-2,5	2,5-4	4-5,5	> 5,5	
O.D.	28,1	15,8	21,9	12,3	21,9	260 (49,7)
	48,3	45,1	54,3	53,3	49,1	
	14,0	7,0	10,9	6,1	10,9	
O.I.	29,7	19,0	18,3	10,6	22,4	263 (50,3)
	51,7	54,9	45,7	46,7	50,9	
	14,9	9,6	9,2	5,4	11,3	
Total	151 (28,9)	91 (17,4)	105 (20,1)	60 (11,5)	116 (22,2)	523 (100)

Fig. 49: Tabla de contingencia que muestra la independencia entre la A.A. y el ojo estudiado (O.D.-O.I.)

$$\chi^2_4 = 9,49 > 2,11$$

OJO	A.A. (U.A.)					Total
	< 1	1-2,5	2,5-4	4-5,5	> 5,5	
O.D.	28,5	15,8	21,5	12,3	21,9	260 (49,7)
	49,0	43,6	54,9	52,5	49,6	
	14,1	7,8	10,7	6,1	10,9	
O.I.	29,3	20,2	17,5	11,0	22,1	263 (50,3)
	51,0	56,4	45,1	47,5	50,4	
	14,7	10,1	8,8	5,5	11,1	
Total	151 (28,9)	94 (18,0)	102 (19,5)	61 (11,7)	115 (22,0)	523 (100)

Fig. 50: Tabla de contingencia que muestra la independencia entre la A.A. (U.A.) y el ojo estudiado (O.D.-O.I.)

$$\chi^2_4 = 9,49 > 2,71$$

4.3.4.- A.A. CON RESPECTO AL SEXO.

Estudiamos, si la A.A. de toda la muestra es independiente del sexo, a través de una tabla de contingencia (Fig. 51), y a la vista de los resultados debemos aceptar que la A.A., y el sexo son independientes con un nivel de significación del 5% ($p = 0,05$).

Cuando analizamos, la A.A., de toda la muestra teniendo en cuenta la unidad acomodativa frente al sexo (Fig. 52), aceptamos, igual que en el caso anterior, la independencia entre la A.A. y el sexo, con un nivel de significación del 5% ($p = 0,05$).

Explicación de la composición de las Figs. 51 y 52.

Los valores que aparecen en cada cuadro indican:

- *El superior, % sobre el total de la fila.*
- *El central, % sobre el total de la columna.*
- *El inferior, % sobre el total general.*

Los valores entre paréntesis indican % sobre el total general.

SEXO	A.A.					Total
	< 1	1-2,5	2,5-4	4-5,5	> 5,5	
HOMBRES	34,5	18,8	19,4	7,3	20,0	165 (31,5)
	37,7	34,1	30,5	20,0	28,4	
	10,9	5,9	6,1	2,3	6,3	
MUJERES	26,3	16,8	20,4	13,4	23,2	358 (68,5)
	62,3	65,9	69,5	80,0	71,6	
	18,0	11,5	14,0	9,2	15,9	
Total	151 (28,9)	91 (17,4)	105 (20,1)	60 (11,5)	116 (22,2)	523 (100)

Fig. 51: Tabla de contingencia que muestra la independencia entre la A.A. en toda la muestra y el sexo.

$$\chi^2_4 = 9,49 > 7,23$$

SEXO	A.A. (U.A.)					Total
	< 1	1-2,5	2,5-4	4-5,5	> 5,5	
HOMBRES	33,3	20,0	18,8	7,9	20,0	165 (31,5)
	36,4	35,1	30,4	21,3	28,7	
	10,5	6,3	5,9	2,5	6,3	
MUJERES	26,8	17,0	19,8	13,4	22,9	358 (68,5)
	63,6	64,9	69,6	78,7	71,3	
	18,4	11,7	13,6	9,2	15,7	
Total	151 (28,9)	94 (18,0)	102 (19,5)	61 (11,7)	115 (22,0)	523 (100)

Fig. 52: Tabla de contingencia que muestra la independencia entre la A.A. en toda la muestra y el sexo.

$$\chi^2_4 = 9,49 > 5,66$$

4.3.5.- A.A. EN RELACIÓN A LA PRESBICIA.

Con el fin de estudiar la evolución de la A.A. en la presbicia, hemos representado mediante unas tablas, la A.A. media por grupos de edad, estudiando las siguientes variables:

- A.A. media en D frente a la edad en años (Fig. 53)
- A.A. media en D, teniendo en cuenta la unidad acomodativa, frente a la edad en años (Fig. 54).

Asimismo, hemos elaborado otras tablas, en las que hemos descartado todos aquellos ojos, con defectos de refracción $> + 2D$ en los hipermétropes y $> - 2D$ en los miopes, estudiando de nuevo:

- A.A. media en D frente a la edad en años (Fig. 55)
- A.A. media en D., teniendo en cuenta la unidad acomodativa, frente a la edad en años (Fig. 56).

Mediante estas tablas (Figs. 53, 54), podemos valorar que la edad correspondiente al inicio de la presbicia estaría en el intervalo de los 36 a 39 años, en el cual la A.A. es igual a $3,55D$. Si consideramos una A.A. $< 3D$, como valoración para el inicio de la presbicia, entonces fijándonos en las curvas de regresión de la A.A. frente a la edad (Fig. 35) podemos decir, que se corresponde ~ con los 38 años. Observando, asimismo en las tablas (Figs. 53, 54) cómo en el intervalo de edad de 40 a 43 años, correspondiente a una A.A. de $2,10D$, se puede considerar como la presbicia ya se ha establecido.

A.A.(D) ESTADO REFRACTIVO	EDAD (años)										Total casos
	< 28	28-31	32-35	36-39	40-43	44-47	48-51	52-55	56-59	>59	
MIOPE											
* Media	7,46	6,65	5,58	3,18	1,43	1,01	,67	,55	,57	-	4,46
* Error	1,62	1,72	2,07	,88	,42	,28	,12	,08	,06	-	2,95
* N	23	24	23	14	15	11	7	2	3		122
HIPERMETROPE											
* Media	4,36	3,62	4,70	2,50	2,68	,83	,73	,76	,79	,64	1,75
* Error	2,04	1,73	2,25	,71	1,53	,46	,26	,16	,28	,11	1,74
* N	4	10	13	14	12	13	22	21	8	23	140
EMETROPE											
* Media	6,31	5,41	4,35	3,89	2,20	1,18	,72	,63	,67	,70	3,59
* Error	1,14	1,42	1,59	1,44	1,16	,35	,12	,16	,15	,10	2,20
* N	30	36	50	57	29	21	15	10	8	5	261
Total											
* Media	6,64	5,58	4,73	3,55	2,10	1,04	,72	,71	,70	,65	3,30
* Error	1,62	1,84	1,89	1,37	1,18	,39	,20	,17	,21	,11	2,50
* N	57	70	86	85	56	45	44	33	19	28	523

Fig. 53: A.A. media en la muestra según los grupos refractivos (miopes, hipermétropes, emétropes) frente a los diferentes grupos de edad.

A.A. / U.A. ESTADO REFRACTIVO	EDAD (años)										Total casos
	< 28	28-31	32-35	36-39	40-43	44-47	48-51	52-55	56-59	>59	
MIOPE											
* Media	6,88	5,82	5,40	3,14	1,37	,96	,58	,53	,54	-	4,13
* Error	1,48	2,02	2,02	,89	,38	,25	,07	,09	,08	-	2,75
* N	23	24	23	14	15	11	7	2	3		122
HIPERMETROPE											
* Media	4,47	3,91	4,78	2,56	2,78	,86	,76	,80	,81	,67	1,82
* Error	2,05	1,94	2,28	,73	1,55	,47	,30	,16	,28	,12	1,80
* N	4	10	13	14	12	13	22	21	8	23	140
EMETROPE											
* Media	6,31	5,41	4,35	3,89	2,20	1,18	,72	,63	,67	,70	3,59
* Error	1,14	1,42	1,59	1,44	1,16	,35	,12	,16	,15	,10	2,20
* N	30	36	50	57	29	21	15	10	8	5	261
Total											
* Media	6,41	5,33	4,69	3,55	2,10	1,03	,72	,73	,71	,67	3,24
* Error	1,46	1,80	1,86	1,37	1,20	,39	,23	,18	,22	,12	2,41
* N	57	70	86	85	56	45	44	33	19	28	523

Fig. 54: A.A./U.A. media en la muestra según los grupos refractivos (miopes, hipermetropes, emetropes) frente a los diferentes grupos de edad.

A.A.(D) ESTADO REFRACTIVO	EDAD (años)										Total casos
	< 28	28-31	32-35	36-39	40-43	44-47	48-51	52-55	56-59	>59	
MIOPE					1,43	1,01	,67	,55	,57	-	4,46
* Media	7,46	6,65	5,58	3,18	,42	,28	,12	,08	,06	-	2,95
* Error	1,62	1,72	2,07	,88	15	11	7	2	3		122
* N	23	24	23	14							
HIPERMETROPE					3,01	,87	,68	,76	,79	,63	1,80
* Media	4,36	3,37	4,70	2,50	1,48	,49	,17	,16	,28	,13	1,77
* Error	2,04	1,81	2,25	,71	10	11	21	19	8	18	126
* N	4	8	13	14							
EMETROPE					2,20	1,18	,72	,63	,67	,70	3,59
* Media	6,31	5,41	4,35	3,89	1,16	,35	,12	,16	,15	,10	2,20
* Error	1,14	1,42	1,59	1,44	29	21	15	10	8	5	261
* N	30	36	50	57							
Total					2,14	1,06	,70	,71	,70	,65	3,36
* Media	6,64	5,61	4,73	3,55	1,19	,39	,14	,17	,21	,12	2,50
* Error	1,62	1,85	1,89	1,37	54	43	43	31	19	23	509
* N	57	68	86	85							

Fig. 55: A.A. media, en los grupos refractivos, después de excluir de la muestra a los miopes > -2D, y a los hipermetropes > +2D), frente a los diferentes grupos de edad.

A.A. / U.A.(D)	EDAD (años)										Total casos
ESTADO REFRACTIVO	< 28	28-31	32-35	36-39	40-43	44-47	48-51	52-55	56-59	>59	
MIOPE											
* Media	6,88	5,82	5,40	3,14	1,37	,96	,58	,53	,54	-	4,13
* Error	1,48	2,02	2,02	,89	,38	,25	,07	,09	,08	-	2,75
* N	23	24	23	14	15	11	7	2	3		122
HIPERMETROPE											
* Media	4,47	3,45	4,78	2,56	3,09	,89	,70	,79	,81	,66	1,84
* Error	2,05	1,85	2,28	,73	1,50	,50	,17	,17	,28	,13	1,80
* N	4	8	13	14	10	11	21	19	8	18	126
EMETROPE											
* Media	6,31	5,41	4,35	3,89	2,20	1,18	,72	,63	,67	,70	3,59
* Error	1,14	1,42	1,59	1,44	1,16	,35	,12	,16	,15	,10	2,20
* N	30	36	50	57	29	21	15	10	8	5	261
Total											
* Media	6,41	5,32	4,69	3,55	2,13	1,05	,69	,72	,71	,67	3,29
* Error	1,46	1,82	1,86	1,37	1,21	,39	,15	,18	,22	,13	2,41
* N	57	68	86	85	54	43	43	31	19	23	509

Fig. 56: A.A./U.A. media, en los grupos refractivos, después de excluir de la muestra a los miopes > -2D, y a los hipermetropes > +2D), frente a los diferentes grupos de edad.

4.- RESULTADOS (ANEXO)

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM	
1	1	1	0	1	20	-2.625	22.450	4.450	0.930	4.130
2	1	1	0	0	20	-3.750	13.800	7.240	0.880	6.370
3	1	1	1	1	20	-3.250	12.300	8.130	0.910	7.390
4	1	1	1	0	20	-2.000	10.500	9.520	0.940	8.940
5	1	1	1	0	21	-5.250	12.800	7.810	0.860	6.710
6	1	1	1	1	21	-5.750	10.200	9.800	0.850	8.330
7	1	1	1	0	23	-1.250	13.100	7.630	0.970	7.400
8	1	1	1	1	23	-0.750	12.000	8.330	0.980	8.160
9	1	1	1	1	24	-1.500	22.100	4.520	0.960	4.330
10	1	1	1	0	24	-5.750	14.500	6.890	0.850	5.850
11	1	1	1	0	24	-4.500	11.900	8.400	0.890	7.300
12	1	1	1	1	24	-4.000	11.400	8.770	0.880	7.710
13	1	1	1	0	24	-4.500	10.300	9.700	0.870	8.430
14	1	1	1	1	26	-1.000	14.000	7.140	0.970	6.920
15	1	1	1	0	26	-0.750	10.200	9.800	0.980	9.600
16	1	1	0	0	27	-2.750	25.500	3.920	0.920	3.600
17	1	1	0	1	27	-2.250	15.000	6.660	0.940	6.260
18	1	1	1	1	27	-5.520	14.000	7.140	0.860	6.140
19	1	1	1	0	27	-1.750	13.800	7.240	0.950	6.870
20	1	1	0	1	28	-0.875	15.800	6.320	0.970	6.130
21	1	1	1	0	28	-1.000	14.700	6.800	0.970	6.590
22	1	1	1	1	28	-1.000	13.700	7.290	0.970	7.070
23	1	1	1	1	28	-0.375	12.200	8.190	0.990	8.100
24	1	1	0	0	29	-6.500	26.520	3.770	0.830	3.130
25	1	1	1	1	29	-0.250	22.950	4.350	0.990	4.300
26	1	1	1	0	29	-2.000	13.800	7.240	0.940	6.800
27	1	1	0	1	29	-6.500	13.000	7.690	0.830	6.380
28	1	1	1	1	29	-2.250	13.000	7.690	0.940	7.220
29	1	1	1	0	29	-2.500	12.000	8.330	0.920	7.660
30	1	1	1	1	29	-2.500	11.400	8.770	0.920	8.060
31	1	1	1	0	30	-0.125	23.120	4.320	0.990	4.270
32	1	1	1	0	30	-2.375	20.060	4.980	0.930	4.630
33	1	1	1	1	30	-3.375	19.720	7.070	0.900	4.560
34	1	1	1	0	30	-0.750	15.400	6.490	0.980	6.360
35	1	1	1	1	30	-1.000	15.200	6.570	0.970	6.370
36	1	1	1	1	30	-0.125	12.400	8.060	0.990	7.970
37	1	1	1	0	30	-0.500	11.400	8.770	0.980	8.590
38	1	1	0	1	30	-3.750	10.900	9.170	0.880	8.060
39	1	1	0	0	30	-3.500	10.900	9.170	0.890	8.160
40	1	1	1	0	31	-5.500	23.970	4.170	0.850	3.540
41	1	1	1	0	31	-3.500	21.080	4.740	0.890	4.210
42	1	1	0	1	31	-0.750	20.740	4.820	0.980	4.720
43	1	1	1	1	31	-4.750	19.890	5.020	0.850	4.260
44	1	1	1	1	31	-2.250	15.200	6.570	0.940	6.170
45	1	1	1	1	31	-2.750	14.000	7.140	0.920	6.560
46	1	1	1	0	31	-2.750	13.800	7.240	0.920	6.660
47	1	1	1	0	31	-2.250	13.500	7.400	0.940	6.950
48	1	1	1	0	32	-0.500	26.690	3.740	0.980	3.660
49	1	1	1	1	32	-4.750	26.180	3.810	0.850	3.230
50	1	1	1	1	32	-0.500	25.500	3.920	0.980	3.840
51	1	1	1	1	32	-1.500	25.160	3.970	0.960	3.810
52	1	1	1	0	32	-0.875	19.380	3.150	0.980	5.040
53	1	1	1	0	32	-5.250	18.530	5.390	0.860	4.630
54	1	1	0	0	32	-4.125	17.000	5.880	0.880	5.170

REG	VISION	SEXO	DJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
55	1	0	1	32	-2.000	14.000	7.140	0.940	6.710
56	1	1	1	33	-0.250	15.100	6.620	0.990	6.550
57	1	1	0	33	-0.500	14.600	6.840	0.980	6.700
58	1	1	1	33	-2.250	13.800	7.240	0.940	6.800
59	1	1	0	33	-2.375	13.500	7.400	0.930	6.880
60	1	0	1	33	-0.250	13.100	7.630	0.990	7.550
61	1	0	0	33	-0.250	12.400	8.060	0.990	7.970
62	1	0	1	34	-0.250	11.600	8.620	0.990	8.530
63	1	0	0	34	-0.250	11.400	8.770	0.990	8.680
64	1	1	0	35	-0.375	42.240	2.360	0.880	2.070
65	1	1	1	35	-0.250	38.940	2.560	0.990	2.530
66	1	0	0	35	-3.000	29.750	3.360	0.910	3.050
67	1	0	1	35	-3.000	26.520	3.770	0.910	3.430
68	1	1	0	35	-0.750	25.840	3.860	0.980	3.780
69	1	1	1	35	-1.500	14.500	6.890	0.960	6.610
70	1	1	0	35	-1.750	13.500	7.400	0.950	7.030
71	1	1	0	36	-0.250	42.240	2.360	0.990	2.330
72	1	1	0	36	-0.250	26.180	3.810	0.990	3.770
73	1	1	0	36	-1.000	21.250	4.700	0.970	4.550
74	1	1	1	36	-1.000	19.550	5.110	0.970	4.950
75	1	1	1	37	-0.500	39.015	2.560	0.980	2.500
76	1	1	0	37	-0.750	33.660	2.970	0.980	2.910
77	1	1	1	37	-0.750	36.660	2.970	0.980	2.910
78	1	1	0	37	-0.500	32.470	3.070	0.980	3.000
79	1	1	1	38	-1.000	42.900	2.330	0.970	2.260
80	1	1	0	38	-1.000	25.500	2.920	0.970	3.880
81	1	1	1	39	-3.875	42.680	2.340	0.890	2.080
82	1	1	0	39	-1.750	38.505	2.590	0.950	2.460
83	1	1	0	39	-3.250	34.100	2.930	0.910	2.660
84	1	1	1	39	-2.000	25.500	3.920	0.940	3.680
85	1	0	1	40	-0.375	86.775	1.150	0.980	1.120
86	1	1	1	40	-0.125	68.530	1.450	0.990	1.430
87	1	0	0	40	-0.625	63.375	1.570	0.980	1.530
88	1	1	0	40	-0.250	49.980	2.000	0.990	1.980
89	1	1	1	40	-14.000	48.750	2.050	0.700	1.430
90	1	1	1	40	-0.125	23.340	2.300	0.990	2.270
91	1	1	1	42	-0.125	100.170	0.990	0.990	0.980
92	1	1	0	42	-0.250	98.050	1.010	0.990	0.990
93	1	1	0	42	-0.500	68.975	1.440	0.980	1.410
94	1	0	1	42	-0.750	67.640	1.470	0.980	1.440
95	1	1	1	42	-0.750	67.195	1.480	0.980	1.450
96	1	0	0	42	-0.750	67.195	1.480	0.980	1.450
97	1	1	1	43	-0.250	103.180	0.960	0.990	0.950
98	1	1	0	43	-0.250	102.510	0.970	0.990	0.960
99	1	0	0	43	-0.500	82.680	1.200	0.980	1.170
100	1	1	0	45	-0.375	127.300	0.780	0.980	0.760
101	1	1	0	45	-0.250	102.820	0.970	0.990	0.960
102	1	1	1	45	-0.125	84.995	1.170	0.990	1.150
103	1	1	0	45	-1.125	82.150	1.210	0.970	1.170
104	1	1	1	45	-0.500	68.975	1.440	0.980	1.410
105	1	1	0	46	-0.500	163.800	0.610	0.980	0.590
106	1	1	0	46	-0.750	106.530	0.930	0.980	0.910
107	1	1	1	46	-0.750	103.850	0.960	0.980	0.940
108	1	1	0	46	-8.250	69.865	1.430	0.800	1.140

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACDM	UNIDACDM	AMPACDM
109	1	0	0	47	-1.500	159.600	0.620	0.950	0.580
110	1	0	1	47	-0.750	103.850	0.960	0.970	0.930
111	1	0	0	49	-8.750	145.850	0.690	0.790	0.540
112	1	0	1	49	-9.250	136.500	0.730	0.780	0.560
113	1	0	0	50	-0.500	162.750	0.610	0.980	0.590
114	1	0	1	50	-0.750	163.800	0.610	0.980	0.590
115	1	0	0	50	-5.500	125.610	0.790	0.850	0.670
116	1	0	1	50	-5.000	122.450	0.810	0.850	0.680
117	1	0	0	51	-0.125	204.750	0.480	0.990	0.470
118	1	1	1	53	-0.250	163.800	0.610	0.990	0.600
119	1	1	0	55	-1.250	201.600	0.490	0.970	0.470
120	1	1	0	56	-0.125	154.050	0.640	0.990	0.630
121	1	0	0	57	-3.250	184.800	0.540	0.910	0.490
122	1	0	1	57	-1.500	183.750	0.540	0.960	0.510
123	2	1	1	28	1.500	43.340	2.300	1.060	2.430
124	2	1	0	28	0.750	33.660	2.970	1.030	3.050
125	2	1	1	28	0.500	17.700	5.640	1.020	5.750
126	2	1	0	28	0.500	15.300	6.530	1.020	6.660
127	2	0	1	29	6.500	26.180	3.810	1.260	4.800
128	2	1	0	29	0.125	22.950	4.350	1.005	4.370
129	2	0	0	29	5.500	18.300	5.460	1.220	6.660
130	2	0	0	30	0.625	65.000	1.530	1.025	1.560
131	2	0	1	30	1.000	39.600	2.520	1.040	2.620
132	2	1	1	30	0.500	19.400	5.150	1.020	5.250
133	2	1	0	30	0.500	19.100	5.230	1.020	5.330
134	2	1	1	30	1.000	18.800	5.310	1.040	5.520
135	2	1	0	31	1.000	70.310	1.420	1.040	1.470
136	2	1	1	31	1.000	68.530	1.450	1.040	1.500
137	2	0	1	32	0.500	29.240	3.410	1.020	3.470
138	2	0	0	32	0.500	27.200	3.670	1.020	3.740
139	2	0	1	32	0.250	15.200	6.570	1.010	6.630
140	2	0	0	32	0.125	15.000	6.660	1.005	6.690
141	2	1	1	34	0.250	32.980	3.030	1.010	3.060
142	2	1	0	34	0.250	30.600	3.260	1.010	3.290
143	2	1	1	34	0.500	14.100	7.090	1.020	7.230
144	2	1	0	34	0.500	12.400	8.060	1.020	8.220
145	2	1	0	35	1.250	77.910	1.280	1.050	1.340
146	2	1	1	35	1.750	67.640	1.470	1.070	1.570
147	2	1	0	35	0.250	21.420	4.660	1.010	4.700
148	2	1	1	35	0.375	21.420	4.660	1.015	4.720
149	2	1	0	35	1.000	13.800	7.240	1.040	7.520
150	2	1	1	36	0.250	42.020	2.370	2.010	2.390
151	2	1	1	36	0.125	32.980	33.030	1.005	3.040
152	2	1	0	37	0.500	32.660	0.750	1.020	0.760
153	2	0	1	37	1.000	49.980	2.000	1.040	2.080
154	2	1	1	37	0.500	47.725	2.010	1.020	2.050
155	2	1	1	37	0.500	49.470	2.020	1.020	2.060
156	2	0	0	37	1.000	49.470	2.020	1.040	2.100
157	2	1	1	37	0.250	43.340	2.300	1.010	2.320
158	2	0	1	37	1.500	34.980	2.850	1.060	3.020
159	2	1	0	37	0.500	32.810	3.040	1.020	3.100
160	2	1	0	38	0.250	33.490	2.980	1.010	3.000
161	2	1	1	38	1.625	31.450	3.170	1.065	3.370
162	2	1	1	38	1.000	31.450	3.170	1.040	3.290

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
163	2	1	0	38	0.500	30.600	3.260	1.020	3.320
164	2	0	1	40	2.500	103.880	0.960	1.100	1.050
165	2	0	0	40	3.375	83.740	1.190	1.135	1.350
166	2	0	1	40	0.750	50.235	1.990	1.030	2.040
167	2	1	0	40	1.000	39.270	2.540	1.040	2.640
168	2	1	1	40	1.000	34.540	2.890	1.040	3.000
169	2	0	1	41	0.250	18.800	5.310	1.010	5.360
170	2	1	1	42	1.000	43.120	2.310	1.040	2.400
171	2	1	0	42	1.000	33.150	3.010	1.040	3.130
172	2	1	1	42	0.750	26.520	3.770	1.030	3.880
173	2	1	0	42	0.750	18.000	5.550	1.030	5.710
174	2	1	1	43	0.750	80.560	1.240	1.030	1.270
175	2	1	0	43	0.750	68.085	1.460	1.030	1.500
176	2	1	1	46	1.500	152.470	0.650	1.060	0.680
177	2	1	1	46	0.750	150.100	0.660	1.030	0.670
178	2	1	0	46	1.000	145.360	0.680	1.040	0.700
179	2	1	0	46	0.500	123.950	0.800	1.020	0.810
180	2	1	1	46	1.500	97.820	1.020	1.060	1.080
181	2	1	1	46	0.750	43.560	2.290	1.030	2.350
182	2	0	0	47	3.500	161.700	0.610	1.140	0.690
183	2	0	1	47	2.125	162.750	0.610	1.085	0.660
184	2	1	0	47	0.375	163.800	0.610	1.015	0.610
185	2	1	1	47	0.625	162.750	0.610	1.025	0.620
186	2	1	1	47	0.750	154.050	0.640	1.030	0.650
187	2	1	0	47	0.625	148.520	0.670	1.025	0.680
188	2	0	1	47	0.750	104.520	0.950	1.030	0.970
189	2	0	1	48	0.750	100.700	0.990	1.030	1.020
190	2	0	0	48	0.500	124.820	0.800	1.020	0.810
191	2	0	0	48	3.500	61.410	1.620	1.140	1.840
192	2	1	1	50	0.750	204.950	0.480	1.030	0.490
193	2	1	0	50	1.125	204.750	0.480	1.045	0.500
194	2	1	1	50	1.250	194.250	0.510	1.050	0.530
195	2	1	0	50	0.625	186.900	0.530	1.025	0.540
196	2	0	1	50	1.000	165.900	0.600	1.040	0.620
197	2	0	0	50	1.000	129.980	0.760	1.040	0.790
198	2	1	0	50	0.750	119.290	0.830	1.030	0.850
199	2	1	1	50	1.000	119.290	0.830	1.040	0.860
200	2	0	1	51	0.250	203.700	0.490	1.010	0.490
201	2	1	1	51	0.750	197.400	0.500	1.030	0.510
202	2	1	0	51	0.500	166.950	0.590	1.020	0.600
203	2	1	1	51	0.500	162.750	0.610	1.020	0.620
204	2	1	1	51	1.750	163.800	0.610	1.070	0.650
205	2	1	0	51	0.875	159.600	0.620	1.035	0.640
206	2	0	1	51	1.000	158.550	0.630	1.040	0.650
207	2	0	0	51	1.000	124.030	0.800	1.040	0.830
208	2	0	0	51	2.000	122.450	0.810	1.080	0.870
209	2	0	1	51	0.750	106.530	0.930	1.030	0.950
210	2	0	0	51	0.500	104.520	0.950	1.020	0.960
211	2	1	1	52	1.500	158.550	0.630	1.060	0.660
212	2	1	1	52	1.500	154.840	0.640	1.060	0.670
213	2	1	0	52	1.750	153.260	0.650	1.070	0.690
214	2	1	1	52	0.625	147.000	0.680	1.025	0.690
215	2	1	0	52	1.500	146.150	0.680	1.060	0.720
216	2	1	0	52	0.625	132.600	0.750	1.013	0.760

REG	VISION	SEXO	DJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
217	2	1	0	52	1,500	118,500	0,840	1,060	0,890
218	2	1	0	53	1,750	161,700	0,610	1,070	0,650
219	2	0	0	53	2,000	162,750	0,610	1,080	0,650
220	2	0	1	53	4,625	160,650	0,620	1,185	0,730
221	2	0	1	53	1,750	158,550	0,630	1,070	0,670
222	2	0	0	53	1,500	118,590	0,840	1,060	0,890
223	2	1	1	53	2,500	118,590	0,840	1,100	0,920
224	2	0	0	53	0,750	105,190	0,950	1,030	0,970
225	2	0	1	53	0,750	80,030	1,240	1,030	1,270
226	2	1	0	54	1,750	150,890	0,660	1,070	0,700
227	2	0	1	54	1,125	120,080	0,830	1,050	0,860
228	2	1	1	54	1,250	120,080	0,830	1,050	0,870
229	2	1	0	54	1,625	112,970	0,880	1,065	0,930
230	2	1	0	54	1,250	110,600	0,900	1,050	0,940
231	2	1	1	55	0,250	165,900	0,600	1,010	0,600
232	2	1	1	56	0,250	16,170	0,610	1,010	0,610
233	2	1	0	56	0,375	159,600	0,620	1,015	0,620
234	2	0	0	56	0,250	158,550	0,630	1,010	0,630
235	2	1	1	56	0,250	82,680	1,200	1,010	1,210
236	2	0	0	58	0,500	124,820	0,800	1,020	0,810
237	2	0	1	58	1,000	80,030	1,240	1,040	1,280
238	2	1	0	59	1,750	165,900	0,600	1,070	0,640
239	2	1	1	59	1,750	165,900	0,600	1,070	0,640
240	2	1	1	60	0,875	249,970	0,400	1,035	0,410
241	2	1	0	60	0,625	238,650	0,410	1,025	0,420
242	2	1	0	60	1,125	163,800	0,610	1,045	0,630
243	2	1	1	60	1,000	163,800	0,610	1,040	0,630
244	2	1	0	60	2,250	157,210	0,630	1,090	0,680
245	2	1	0	60	2,500	157,210	0,630	1,100	0,690
246	2	1	1	60	2,250	154,840	0,640	1,090	0,690
247	2	1	1	60	2,500	131,290	0,750	1,100	0,820
248	2	1	1	60	0,875	129,310	0,770	1,035	0,790
249	2	1	0	60	1,125	105,190	0,950	1,045	0,990
250	2	0	1	61	1,500	122,450	0,810	1,060	0,850
251	2	0	0	62	1,375	162,750	0,610	1,055	0,640
252	2	1	1	62	1,000	159,600	0,620	1,040	0,640
253	2	0	1	62	1,375	156,420	0,630	1,055	0,660
254	2	1	0	62	1,125	148,520	0,670	1,045	0,700
255	2	0	1	63	0,750	162,750	0,610	1,030	0,620
256	2	0	1	63	1,125	161,700	0,610	1,045	0,630
257	2	0	0	63	1,250	160,650	0,620	1,050	0,650
258	2	0	1	63	1,250	137,550	0,720	1,050	0,750
259	2	0	0	64	2,000	166,950	0,590	1,080	0,630
260	2	0	1	64	2,500	163,800	0,610	1,100	0,670
261	2	1	0	70	0,375	166,950	0,590	1,015	0,590
262	2	1	1	70	0,250	164,850	0,600	1,010	0,600
263	3	0	1	24	0,000	13,500	7,400	1,000	7,400
264	3	0	0	24	0,000	13,400	7,460	1,000	7,460
265	3	1	0	25	0,000	19,040	5,250	1,000	5,250
266	3	1	1	25	0,000	18,700	5,340	1,000	5,340
267	3	1	0	26	0,000	15,200	6,570	1,000	6,570
268	3	1	0	27	0,000	25,330	3,940	1,000	3,940
269	3	0	1	27	0,000	15,700	6,360	1,000	6,360
270	3	1	1	27	0,000	15,600	6,410	1,000	6,410

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
271	3	1	0	27	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
272	3	1	1	27	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
273	3	1	1	27	0,000	14,400	6,940	1,000	6,940
274	3	1	0	28	0,000	22,950	4,350	1,000	4,350
275	3	1	0	28	0,000	22,780	4,380	1,000	4,380
276	3	1	0	28	0,000	22,100	4,520	1,000	4,520
277	3	1	1	28	0,000	21,080	4,740	1,000	4,740
278	3	1	0	28	0,000	19,720	5,070	1,000	5,070
279	3	1	1	28	0,000	18,200	5,490	1,000	5,490
280	3	1	0	28	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
281	3	1	1	28	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
282	3	1	1	28	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
283	3	1	0	28	0,000	15,100	6,620	1,000	6,620
284	3	1	1	28	0,000	14,700	6,800	1,000	6,800
285	3	1	1	28	0,000	14,500	6,890	1,000	6,890
286	3	1	0	28	0,000	14,200	7,040	1,000	7,040
287	3	1	0	28	0,000	13,900	7,190	1,000	7,190
288	3	1	1	28	0,000	13,900	7,190	1,000	7,190
289	3	1	1	28	0,000	13,600	7,350	1,000	7,350
290	3	1	1	28	0,000	13,300	7,510	1,000	7,510
291	3	1	0	28	0,000	13,000	7,690	1,000	7,690
292	3	1	0	28	0,000	12,000	8,330	1,000	8,330
293	3	1	0	29	0,000	26,690	3,740	1,000	3,740
294	3	1	1	29	0,000	26,100	3,840	1,000	3,840
295	3	1	1	29	0,000	21,080	4,740	1,000	4,740
296	3	1	0	29	0,000	19,380	5,150	1,000	5,150
297	3	1	1	29	0,000	18,100	5,520	1,000	5,520
298	3	1	0	29	0,000	17,800	5,610	1,000	5,610
299	3	1	0	29	0,000	15,800	6,320	1,000	6,320
300	3	1	0	29	0,000	14,900	6,710	1,000	6,710
301	3	1	1	29	0,000	14,900	6,710	1,000	6,710
302	3	1	0	29	0,000	14,800	6,750	1,000	6,750
303	3	0	0	29	0,000	14,800	6,750	1,000	6,750
304	3	0	1	29	0,000	14,700	6,800	1,000	6,800
305	3	1	1	30	0,000	31,620	3,160	1,000	3,160
306	3	1	0	30	0,000	31,450	3,170	1,000	3,170
307	3	1	1	30	0,000	23,630	4,230	1,000	4,230
308	3	0	0	30	0,000	19,600	5,100	1,000	5,100
309	3	0	1	30	0,000	18,700	5,340	1,000	5,340
310	3	1	1	30	0,000	18,400	5,430	1,000	5,430
311	3	1	0	30	0,000	18,400	5,430	1,000	5,430
312	3	1	0	30	0,000	15,300	6,530	1,000	6,530
313	3	1	1	30	0,000	15,200	6,570	1,000	6,570
314	3	1	0	30	0,000	14,800	6,750	1,000	6,750
315	3	1	0	30	0,000	13,500	7,400	1,000	7,400
316	3	1	0	30	0,000	13,300	7,510	1,000	7,510
317	3	1	1	30	0,000	13,200	7,570	1,000	7,570
318	3	1	0	31	0,000	32,300	3,090	1,000	3,090
319	3	1	1	31	0,000	30,940	3,230	1,000	3,230
320	3	1	0	31	0,000	30,940	3,230	1,000	3,230
321	3	1	1	31	0,000	26,520	3,770	1,000	3,770
322	3	1	0	31	0,000	25,840	3,860	1,000	3,860
323	3	0	0	31	0,000	25,840	3,860	1,000	3,860
324	3	0	0	31	0,000	18,000	5,550	1,000	5,550

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
325	3	1	1	31	0,000	17,600	5,680	1,000	5,680
326	3	0	1	31	0,000	15,600	6,410	1,000	6,410
327	3	0	1	31	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
328	3	0	0	31	0,000	14,900	6,710	1,000	6,710
329	3	0	1	32	0,000	32,810	3,040	1,000	3,040
330	3	0	0	32	0,000	32,810	3,040	1,000	3,040
331	3	0	0	32	0,000	26,860	3,720	1,000	3,720
332	3	0	1	32	0,000	26,180	3,810	1,000	3,810
333	3	0	1	32	0,000	25,670	3,890	1,000	3,890
334	3	1	1	32	0,000	25,160	3,970	1,000	3,970
335	3	0	0	32	0,000	24,990	4,000	1,000	4,000
336	3	1	0	32	0,000	23,630	4,230	1,000	4,230
337	3	1	1	32	0,000	15,200	6,670	1,000	6,670
338	3	1	0	32	0,000	15,200	6,570	1,000	6,570
339	3	1	1	33	0,000	34,320	2,910	1,000	2,910
340	3	1	0	33	0,000	33,880	2,950	1,000	2,950
341	3	1	1	33	0,000	31,960	3,120	1,000	3,120
342	3	0	0	33	0,000	26,180	3,810	1,000	3,810
343	3	1	0	33	0,000	24,480	4,080	1,000	4,080
344	3	1	1	33	0,000	24,140	4,140	1,000	4,140
345	3	1	0	33	0,000	23,460	4,260	1,000	4,260
346	3	0	1	33	0,000	18,200	5,490	1,000	5,490
347	3	0	0	33	0,000	18,100	1,520	1,000	1,520
348	3	0	1	33	0,000	15,700	6,360	1,000	6,360
349	3	1	1	33	0,000	15,300	6,530	1,000	6,530
350	3	1	0	33	0,000	14,900	6,710	1,000	6,710
351	3	1	1	33	0,000	14,000	7,140	1,000	7,140
352	3	0	1	33	0,000	13,800	7,240	1,000	7,240
353	3	0	0	33	0,000	13,400	7,460	1,000	7,460
354	3	1	0	34	0,000	32,640	3,060	1,000	3,060
355	3	1	1	34	0,000	32,130	3,110	1,000	3,110
356	3	1	0	34	0,000	30,940	3,230	1,000	3,230
357	3	1	1	34	0,000	30,770	3,240	1,000	3,240
358	3	1	0	34	0,000	30,600	3,260	1,000	3,260
359	3	1	1	34	0,000	30,260	3,300	1,000	3,300
360	3	0	0	34	0,000	26,010	3,840	1,000	3,840
361	3	1	0	34	0,000	19,400	5,150	1,000	5,150
362	3	1	1	34	0,000	19,000	5,260	1,000	5,260
363	3	0	0	35	0,000	49,470	2,020	1,000	2,020
364	3	1	0	35	0,000	42,900	2,330	1,000	2,330
365	3	1	1	35	0,000	41,360	2,410	1,000	2,410
366	3	1	0	35	0,000	32,640	3,060	1,000	3,060
367	3	1	0	35	0,000	31,960	3,120	1,000	3,120
368	3	1	1	35	0,000	31,280	3,190	1,000	3,190
369	3	0	1	35	0,000	30,600	3,260	1,000	3,260
370	3	1	1	35	0,000	28,820	3,460	1,000	3,460
371	3	0	0	35	0,000	25,840	3,860	1,000	3,860
372	3	0	1	35	0,000	24,990	4,000	1,000	4,000
373	3	1	0	35	0,000	22,780	4,380	1,000	4,380
374	3	1	1	35	0,000	18,700	5,340	1,000	5,340
375	3	0	1	35	0,000	15,500	6,450	1,000	6,450
376	3	1	0	35	0,000	15,300	6,530	1,000	6,530
377	3	1	1	35	0,000	14,900	6,710	1,000	6,710
378	3	0	0	35	0,000	14,200	7,040	1,000	7,040

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
379	3	1	1	36	0,000	49,400	2,020	1,000	2,020
380	3	0	1	36	0,000	43,120	2,310	1,000	2,310
381	3	0	0	36	0,000	41,360	2,410	1,000	2,410
382	3	1	0	36	0,000	39,780	2,510	1,000	2,510
383	3	1	0	36	0,000	33,150	3,010	1,000	3,010
384	3	0	1	36	0,000	32,980	3,030	1,000	3,030
385	3	1	1	36	0,000	31,280	3,190	1,000	3,190
386	3	1	0	36	0,000	30,940	3,230	1,000	3,230
387	3	0	0	36	0,000	26,860	3,720	1,000	3,720
388	3	0	1	36	0,000	26,690	3,740	1,000	3,740
389	3	1	0	36	0,000	25,330	3,940	1,000	3,940
390	3	0	0	36	0,000	24,990	4,000	1,000	4,000
391	3	1	0	36	0,000	24,650	4,050	1,000	4,050
392	3	1	1	36	0,000	22,780	4,380	1,000	4,380
393	3	1	1	36	0,000	22,100	4,520	1,000	4,520
394	3	1	1	36	0,000	19,500	5,120	1,000	5,120
395	3	1	0	36	0,000	19,200	5,200	1,000	5,200
396	3	1	0	36	0,000	19,100	5,230	1,000	5,230
397	3	1	1	36	0,000	18,500	5,400	1,000	5,400
398	3	1	1	36	0,000	18,400	5,430	1,000	5,430
399	3	1	0	36	0,000	49,725	2,010	1,000	2,010
400	3	1	1	37	0,000	43,120	2,310	1,000	2,310
401	3	1	0	37	0,000	42,900	3,330	1,000	3,330
402	3	1	1	37	0,000	38,500	2,590	1,000	2,590
403	3	1	1	37	0,000	32,300	3,090	1,000	3,090
404	3	1	0	37	0,000	31,960	3,120	1,000	3,120
405	3	1	0	37	0,000	30,940	3,230	1,000	3,230
406	3	1	0	37	0,000	30,430	3,280	1,000	3,280
407	3	0	1	37	0,000	26,180	3,810	1,000	3,810
408	3	1	0	37	0,000	25,330	3,940	1,000	3,940
409	3	1	1	37	0,000	25,330	3,940	1,000	3,940
410	3	1	0	37	0,000	22,950	4,350	1,000	4,350
411	3	0	0	37	0,000	22,950	4,350	1,000	4,350
412	3	0	0	37	0,000	22,780	4,380	1,000	4,380
413	3	1	0	37	0,000	21,250	4,700	1,000	4,700
414	3	0	0	37	0,000	15,500	6,450	1,000	6,450
415	3	0	1	37	0,000	15,400	6,490	1,000	6,490
416	3	1	1	38	0,000	42,240	2,360	1,000	2,360
417	3	1	0	38	0,000	39,600	2,520	1,000	2,520
418	3	1	1	38	0,000	32,980	3,030	1,000	3,030
419	3	1	1	38	0,000	19,200	5,200	1,000	5,200
420	3	1	0	38	0,000	17,400	5,740	1,000	5,740
421	3	0	1	38	0,000	15,600	6,410	1,000	6,410
422	3	0	0	38	0,000	14,000	7,140	1,000	7,140
423	3	1	0	39	0,000	62,725	1,590	1,000	1,590
424	3	0	1	39	0,000	49,725	2,010	1,000	2,010
425	3	0	0	39	0,000	49,725	2,010	1,000	2,010
426	3	1	0	39	0,000	49,400	2,020	1,000	2,020
427	3	1	1	39	0,000	48,450	2,060	1,000	2,060
428	3	1	1	39	0,000	33,660	2,940	1,000	2,940
429	3	0	0	39	0,000	28,900	3,460	1,000	3,460
430	3	0	0	39	0,000	26,180	3,810	1,000	3,810
431	3	0	1	39	0,000	25,160	3,970	1,000	3,970
432	3	0	0	39	0,000	20,740	4,820	1,000	4,820

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CONREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
433	3	1	1	39	0,000	18,000	5,550	1,000	5,550
434	3	1	0	39	0,000	17,200	5,810	1,000	5,810
435	3	0	1	39	0,000	13,000	7,690	1,000	7,690
436	3	0	0	40	0,000	62,400	1,600	1,000	1,600
437	3	0	1	40	0,000	61,100	1,630	1,000	1,630
438	3	0	0	40	0,000	48,450	2,060	1,000	2,060
439	3	0	1	40	0,000	47,940	2,080	1,000	2,080
440	3	1	0	40	0,000	42,900	2,330	1,000	2,330
441	3	1	0	40	0,000	41,140	2,430	1,000	2,430
442	3	0	1	40	0,000	32,810	4,040	1,000	4,040
443	3	1	1	40	0,000	32,640	3,060	1,000	3,060
444	3	0	0	40	0,000	31,280	3,190	1,000	3,190
445	3	0	0	40	0,000	25,160	3,970	1,000	3,970
446	3	1	1	41	0,000	80,560	1,240	1,000	1,240
447	3	1	0	41	0,000	67,195	1,480	1,000	1,480
448	3	0	1	41	0,000	47,685	2,090	1,000	2,090
449	3	0	0	41	0,000	32,980	3,030	1,000	3,030
450	3	1	0	41	0,000	26,350	3,790	1,000	3,790
451	3	1	1	41	0,000	25,330	3,940	1,000	3,940
452	3	0	0	41	0,000	19,300	5,180	1,000	5,180
453	3	1	1	42	0,000	95,400	1,040	1,000	1,040
454	3	1	0	42	0,000	84,550	1,180	1,000	1,180
455	3	1	0	43	0,000	100,700	0,990	1,000	0,990
456	3	1	1	43	0,000	86,330	1,150	1,000	1,150
457	3	1	0	43	0,000	85,875	1,160	1,000	1,160
458	3	1	1	43	0,000	83,740	1,190	1,000	1,190
459	3	1	1	43	0,000	83,740	1,190	1,000	1,190
460	3	1	0	43	0,000	83,210	1,200	1,000	1,200
461	3	1	0	43	0,000	82,680	1,210	1,000	1,210
462	3	0	1	43	0,000	63,375	1,570	1,000	1,570
463	3	1	1	43	0,000	62,400	1,600	1,000	1,600
464	3	1	1	43	0,000	31,110	3,210	1,000	3,210
465	3	0	1	44	0,000	121,660	0,820	1,000	0,820
466	3	0	1	44	0,000	82,110	1,130	1,000	1,130
467	3	0	0	44	0,000	87,665	1,140	1,000	1,140
468	3	0	0	44	0,000	86,330	1,150	1,000	1,150
469	3	0	1	44	0,000	84,105	1,180	1,000	1,180
470	3	1	1	44	0,000	49,980	2,000	1,000	2,000
471	3	1	0	44	0,000	49,215	2,030	1,000	2,030
472	3	1	0	45	0,000	130,650	0,760	1,000	0,760
473	3	1	1	45	0,000	123,240	0,810	1,000	0,810
474	3	0	1	45	0,000	86,330	1,150	1,000	1,150
475	3	0	0	45	0,000	86,330	1,150	1,000	1,150
476	3	1	0	45	0,000	84,995	1,170	1,000	1,170
477	3	1	1	45	0,000	84,105	1,180	1,000	1,180
478	3	1	1	46	0,000	86,775	1,150	1,000	1,150
479	3	1	0	46	0,000	84,945	1,170	1,000	1,170
480	3	1	0	46	0,000	62,725	1,590	1,000	1,590
481	3	1	1	46	0,000	62,400	1,600	1,000	1,600
482	3	1	0	47	0,000	120,870	0,820	1,000	0,820
483	3	0	1	47	0,000	104,940	0,950	1,000	0,950
484	3	1	1	47	0,000	103,850	0,960	1,000	0,960
485	3	0	0	47	0,000	100,500	0,990	1,000	0,990
486	3	0	1	48	0,000	157,500	0,630	1,000	0,630

REG	VISION	SEXO	OJO	EDAD	CORREC	PUNPROX	NECACOM	UNIDACOM	AMPACOM
487	3	0	1	46	0,000	158,550	0,630	1,000	0,630
488	3	0	0	46	0,000	149,100	0,670	1,000	0,670
489	3	1	1	48	0,000	102,510	0,970	1,000	0,970
490	3	1	0	49	0,000	161,700	0,610	1,000	0,610
491	3	1	1	49	0,000	159,600	0,620	1,000	0,620
492	3	1	0	49	0,000	159,600	0,620	1,000	0,620
493	3	1	1	49	0,000	147,730	0,670	1,000	0,670
494	3	1	1	50	0,000	148,520	0,670	1,000	0,670
495	3	1	1	50	0,000	127,300	0,780	1,000	0,780
496	3	0	0	50	0,000	124,030	0,800	1,000	0,800
497	3	1	0	50	0,000	117,920	0,840	1,000	0,840
498	3	0	1	50	0,000	105,190	0,950	1,000	0,950
499	3	1	0	51	0,000	153,260	0,650	1,000	0,650
500	3	1	1	51	0,000	129,980	0,760	1,000	0,760
501	3	1	1	52	0,000	206,850	0,480	1,000	0,480
502	3	1	0	52	0,000	200,550	0,490	1,000	0,490
503	3	1	0	52	0,000	193,200	0,510	1,000	0,510
504	3	1	1	52	0,000	189,000	0,520	1,000	0,520
505	3	1	1	52	0,000	164,850	0,600	1,000	0,600
506	3	1	1	52	0,000	130,650	0,760	1,000	0,760
507	3	1	1	52	0,000	126,630	0,780	1,000	0,780
508	3	1	1	53	0,000	162,750	0,610	1,000	0,610
509	3	1	0	53	0,000	162,750	0,610	1,000	0,610
510	3	0	0	53	0,000	103,180	0,960	1,000	0,960
511	3	1	1	56	0,000	194,250	0,510	1,000	0,510
512	3	1	1	56	0,000	192,150	0,520	1,000	0,520
513	3	1	0	56	0,000	164,850	0,600	1,000	0,600
514	3	1	1	56	0,000	155,630	0,640	1,000	0,640
515	3	0	0	57	0,000	125,610	0,790	1,000	0,790
516	3	0	1	57	0,000	104,520	0,950	1,000	0,950
517	3	1	0	58	0,000	165,900	0,600	1,000	0,600
518	3	1	1	58	0,000	131,990	0,750	1,000	0,750
519	3	0	1	61	0,000	124,030	0,800	1,000	0,800
520	3	0	1	61	0,000	121,660	0,820	1,000	0,820
521	3	0	0	62	0,000	161,700	0,610	1,000	0,610
522	3	0	1	62	0,000	161,700	0,610	1,000	0,610
523	3	1	0	62	0,000	153,260	0,650	1,000	0,650

5.- DISCUSSION

5. DISCUSION.

5.1.- DISCUSION DEL MATERIAL.

Consideramos que nuestra muestra (523 ojos) aporta un número de casos suficientes para ser analizados globalmente. Series publicadas con similar casuística son las de MILLODOT (1989); con un número de casos algo inferior al nuestro las de ALLEN (1961), FITCH (1971), TOTA (1981), MILLODOT (1981), MARG (1987), KAIMBO (1988); y con un número superior, las de DONDERS (1864), DUANE (1912), RAMBO (1960) y MIRANDA (1987).

Cuando analizamos la muestra, según el estado refractivo, encontramos que el 23% son miopes, el 26,8% son hipermétropes y el 49,9% son emétopes; observando que los tres grupos son diferentes respecto a su edad media, así como en su grado de ametropía. Esta diferencia entre los tres grupos, sumada a que la gran mayoría de los autores revisados en la bibliografía basan sus resultados en el estudio de la totalidad de los casos, sin tener en cuenta el grado de ametropía, nos ha conducido a realizar la mayor parte del análisis de nuestros resultados, en base a la totalidad de la muestra estudiada.

Observamos en nuestro estudio, un predominio de mujeres (358 ojos corresponden a mujeres y 165 ojos

corresponden a varones); coincidiendo con el estudio realizado por MIRANDA (1987) que estudia 649 mujeres frente a 351 hombres. No siendo un dato relevante a efecto de los resultados.

La edad de los sujetos explorados, oscila entre los 20 y 70 años, con una media de 39,7 años. La edad mínima se corresponde con la establecida por TOTA (1981) y EPSTEIN (1984). Varios autores (DONDEERS, 1864; DUANE, 1912; RAMBO, 1960; KAIMBO, 1980; MILLODOT, 1981; SUN, 1988), establecen el límite inferior de edad, a los 10 años, otros, comienzan sus estudios a partir de los 30 a 40 años (ALLEN, 1961; MIRANDA, 1987; MARG, 1987; MILLODOT, 1989; CHARMAN, 1989).

Respecto a la edad máxima estudiada, coincidimos con la empleada por DONDEERS (1864), DUANE (1912), RAMBO (1960), ALLEN (1961), TOTA (1981); sin embargo, estudios como los de FITCH (1971), KAIMBO (1980), MILLODOT (1981), EPSTEIN (1984), MIRANDA (1987), MARG (1987), establecen su límite superior sobre los 60 años.

Los criterios de selección, que hemos elegido para la realización de este estudio, fueron los habitualmente aceptados en la literatura.

5.2.- DISCUSION DEL MÉTODO.

Para la recogida de datos de los pacientes elaboramos un protocolo, en el que intentamos incluir todos los datos que consideramos necesarios para nuestro estudio.

Valoramos la agudeza visual de lejos de todos los sujetos, con o sin corrección, de forma que en todos aquellos que en el momento de la exploración, no se conseguía A.V. de unidad, fue revisada su corrección.

En todos aquellos sujetos que empleaban corrección, hemos realizado el estudio con su corrección de lejos, del mismo modo que en los estudios de DUANE (1912), RAMBO (1960), FITCH (1971), MILLODOT (1981), EPSTEIN (1984).

Para valorar el comportamiento de la A.A. en nuestro estudio, lo hacemos a través de la obtención del p.p. de acomodación, considerando el punto remoto situado en el infinito óptico (HELMHOLTZ, 1855; MARQUEZ, 1934, 1981; MAXWELL, 1937; FUCHS, 1958; SARAUX, 1979; DUKE-ELDER, 1985). Asimismo, hemos valorado la A.A., teniendo en cuenta la unidad acomodativa (U.A.) (PASCAL, 1952), como un dato complementario a nuestro estudio, si bien observamos que el tener en cuenta la U.A. apenas ha

variado los resultados de A.A. obtenidos directamente a través del p.p. Por lo tanto consideramos suficiente discutir nuestros resultados, en base a la A.A., sin tener en cuenta la U.A.

Realizamos el estudio monocular, ya que es el método utilizado por la gran mayoría de los autores revisados (DUANE, 1912; SHEARD, 1918; HOFSTETTER, 1944, 1965; HAMASAKI, 1956; KRIMSKY, 1959; RAMBO, 1960; CHARMAN, 1978; MILLODOT, 1981; TOTA, 1981; EPSTEIN, 1984; NEVILLE, 1986; MARG, 1987; SUN, 1988; CHARMAN, 1989). Método que conduce a la obtención de valores menores de A.A. que con el empleo del método binocular (DONDEERS, 1864; COATES, 1955; MIRANDA, 1987; KAIMBO, 1988; SUN, 1988). FITCH (1971) observa, al realizar un estudio comparativo entre ambos métodos, valores de 0,6D superiores con estudio binocular que con el monocular ($p=0,05$).

Empleamos un método subjetivo para la obtención del p.p., método de "borrosidad" (borrosidad hacia la claridad), de la misma forma que en otros estudios (SHEARD, 1918; KRIMSKY, 1959; ALLEN, 1961), con el fin de obtener mayor precisión en los resultados. Aunque se ha visto, que con el método de "borrosidad" (que toma como p.p. el obtenido al acercar el optotipo hacia el sujeto hasta su borrosidad, sin posteriormente alejarlo hasta su

nueva identificación), empleado por DONDERS (1864), DUANE (1912) y HANLON (1987), se obtienen valores de A.A. superiores.

Estudios comparativos (NEVILLE, 1986) entre el método de "borrosidad" (borrosidad hacia la claridad) y el método de "borrosidad" con lentes esféricas (MIRANDA, 1987), no muestran diferencias en cuanto a los resultados de A.A. obtenidos a través de ellos.

Otros autores (MARG, 1987; SUN, 1988) han empleado métodos objetivos para determinar la A.A., destacando que con estos métodos que no incluyen el defecto de foco, los valores obtenidos son de 1,75D a 2D inferiores a los obtenidos a través de métodos subjetivos (incluyen el defecto de foco); si bien, a partir de los 52 años, los valores obtenidos con ambos métodos se aproximan, ya que, a partir de esta edad el efecto de foco no varía significativamente (MARG, 1987).

La medición del p.p. con nuestro aparato acomodómetro la realizamos a 13 mm. de la córnea; igual método ha sido empleado por DONDERS (1864), DUANE (1912), y FITCH (1972); mientras otros autores (KRIMSKY, 1959; EPSTEIN, 1984; MIRANDA, 1987) miden el p.p. desde la superficie anterior de la córnea o desde el limbo esclero-corneal (SHEARD, 1918; RAMBO, 1960).

Realizamos el estudio, con buena iluminación (280 lux) de la tarjeta optotipo, que situamos al inicio de la prueba a 40 cm. del sujeto, distancia considerada como la óptima para el empleo del "aparato de acomodación Essilor"; siendo algo superior a la distancia empleada por ALLEN (1961), 33 cm.; FITCH (1971), 30 cm.; y MIRANDA (1987), 33,3 cm.; e inferior a la de DUANE (1912), 1 m.; y RAMBO (1960), 50 cm.

Otros autores (CHARMAN, 1978, 1982), comentan que la distancia ideal para el estudio del p.p., debería estar situada entre 50 y 100 cm., distancia que coincide con el punto de reposo de la acomodación y en la cual disminuyen las importantes fluctuaciones de acomodación observadas en individuos de la misma edad.

En nuestro estudio, colocamos la línea de letras seleccionada del optotipo, en un plano horizontal con respecto a los ojos, de la misma forma que en el estudio de FITCH (1971), si bien, se sabe que la acomodación aumenta con la mirada hacia abajo y hacia adentro (RIPPLE, 1952; GIL DEL RIO, 1984).

En cuanto a las características de la tarjeta optotipo empleada, destacar que la línea de letras del Test 2 (Figs. 14 y 15) que consideramos se corresponde con la visión unidad, presenta unas letras de 0,3 mm. de

altura; siendo bastante inferior en tamaño al Test de Duane (1912) ("línea" de 3 mm. de largo) y a la cruz de RAMBO (1960) (4 mm. de largo); aproximándose su valor, a la altura de letras empleada por MIRANDA (1987) (0,485 mm. de altura) y EPSTEIN (1984) (1 mm.). Considerándose importante esta valoración del tamaño del objeto en los resultados de la acomodación (OWENS, 1975; MADDOCK, 1981; WEALE, 1989).

En relación a la representación gráfica del optotipo, hemos utilizado, igual que otros autores (DONDEERS, 1864; DUANE, 1912; ALLEN, 1961; MIRANDA, 1987), letras negras sobre fondo blanco; aunque se ha visto que la mejor agudeza visual, es la obtenida con un test blanco sobre fondo negro (SAWIRES, 1979).

5.3.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

A la hora de discutir nuestros resultados, lo haremos en base a la A.A. en dioptrias de toda la muestra, de igual forma que los autores revisados en la bibliografía. Realizaremos un pequeño apartado de comentarios para el análisis individual de los tres grupos refractivos: miopes, hipermétropes y emétropes.

A) Analizamos nuestros resultados de A.A. frente a la edad, mediante curvas de regresión (Fig. 35), observando que existe:

a) Un descenso de A.A. casi constante desde los 20 hasta aproximadamente los 38-40 años, coincidiendo con los trabajos de RAMBO (1960), EPSTEIN (1984), MIRANDA (1987), SUN (1988), y CHARMAN (1989). Sin embargo, en otros trabajos (DUANE, 1912; COATES, 1955; FITCH, 1971; MILLODOT, 1981; TOTA, 1981) se ha observado un descenso de A.A. casi constante hasta los 40-45 años, e incluso, la curva de DONDERS (1912) muestra un descenso de A.A. regular y constante desde los 20 a 70 años.

b) Un descenso de A.A. más marcado, en el trazado de la curva, correspondiente a los 38 a 45 años, en comparación con el descenso más suave que se produce entre los 45 y 50 años; siendo a partir de los 50-52 años de edad, el trazado de la curva prácticamente

horizontal. Resultados, que al compararlos con los de otros autores, podemos decir que:

- en cuanto, al mayor descenso de A.A. que se produce entre los 38 y 45 años, coincidimos con los resultados de A.A. obtenidos por MIRANDA (1987).

- en relación al suave descenso de A.A., que ocurre entre los 45 y 50 años, coincidimos con los valores reportados por MIRANDA (1987), KAIMBO (1988), y SUN (1988). La curva de RAMBO (1960) para este intervalo de edad presenta un descenso de A.A. muy suave, para a partir de los 50 años no sufrir apenas variaciones.

- respecto al trazado prácticamente horizontal de la curva, que se observa a partir de los 50-52 años, coincidimos con la gran mayoría de los autores revisados en la bibliografía (DUANE, 1912; ALLEN, 1971; MILLODOT, 1981; MARG, 1987; MIRANDA, 1987; KAIMBO, 1988; SUN, 1988; KORETZ, 1989).

Del análisis de la curva de resultados de A.A. con respecto a la edad se desprende, que existen dos partes bien diferenciadas en la curva, una que se corresponde con los sujetos \leq de 37 años, y otra con los sujetos \geq de 38 años. Por lo tanto, también hemos estudiado nuestros resultados de A.A. por separado para

cada uno de los grupos de edad. Asimismo, consideramos importante presentar nuestros resultados, mediante tablas de A.A. por grupos de edad, ya que hemos observado grandes fluctuaciones de A.A. en sujetos de la misma edad (MAXWELL, 1937; FITCH, 1971).

B) Recogemos de la tabla de resultados de A.A. media frente a la edad (grupos de edad) (Fig. 53) los valores obtenidos para toda la muestra (Fig. 57) con el fin de analizar nuestros resultados frente a los obtenidos por los autores revisados en la bibliografía. Asimismo, elaboramos una tabla, donde se recogen los valores de A.A. media frente a la edad según los distintos autores (Fig. 58); que, aunque no se ajusta a los intervalos de edad de nuestro estudio, sin embargo, nos sirve para poder comentar la evolución de nuestros resultados frente a la de ellos.

< 28 años	6,64D
28 - 31 años	5,58D
32 - 35 años	4,73D
36 - 39 años	3,55D
40 - 43 años	2,10D
44 - 47 años	1,04D
48 - 51 años	0,72D
52 - 55 años	0,71D
56 - 59 años	0,70D
> 59 años	0,65D

Fig. 57: Amplitud de acomodación media por grupos de edad.

NUESTRO ESTUDIO (Monocular)	5,58D (28-31 años)	2,10D (40-42)	0,72D (48-51)	0,65D (>59)
DONDERS (1864) (Binocular)	7D (30)	4D (40)	2,25D (50)	1D (60)
DUANE (1912) (Monocular)	8,9D (30)	5,9D (40)	2D (50)	1,1D (60)
COATES (1955) (Binocular)	6,8D (30)	4D (40)	1,2D (50)	0,5D (60)
RAMBO (1960) (Monocular)	5,69D (30)	1,22D (40)	0,62D (50)	0,68D (60)
FITCH (1971) (Monocular)	9,73D (30)	5,49D (40)	2,60D (50)	2D (60)
EPSTEIN (1984) (Monocular)	6,5D (29)	2,82D (40-42)	---	0,45D (65)
MIRANDA (1987) (Binocular)	6,05D (30-32)	2,38D (39-41)	1,32D (48-50)	1,11D (60-62)
MARG (1987) (Monocular)	---	4,25D (42)	2D (50)	1,5D (60)
KAIMBO (1988) (Binocular)	8,25D (30)	3,02D (40)	1,25D (50)	---
SUN (1988) (Binocular)	5,75D (30)	4D (40)	2D (50)	1,25D (60)

Fig. 58: A.A. media según distintos autores.

En nuestro estudio, observamos que la A.A. desciende desde 5,58D en el grupo de edad de 28 a 31 años a 2,10D en el grupo de edad de 40 a 43 años, destacando asimismo, como a partir del grupo de edad de 48 a 51 años,

la A.A. desciende a 0,72D, variando apenas ya su valor.

Cuando comparamos nuestros resultados de A.A. con los obtenidos por otros autores observamos que:

a) En el grupo de edades jóvenes (28-31 años), nuestros valores son aproximados a los reportados por RAMBO (5,69D a los 30 años (1960)), MIRANDA (6,05D entre 30-32 años (1987)), SUN (5,75D a los 30 años (1988)); asimismo son ligeramente inferiores a los de DONDERS (7D a los 30 años (1864)), COATES (6,8D a los 30 años (1955)), EPSTEIN (6,5D a los 29 años (1984)). Sin embargo, se distancian más de los valores de A.A. obtenidos por DUANE (8,9D a los 30 años (1912)), FITCH (9,73D a los 30 años (1971)), y KAIMBO (8,25D a los 30 años (1988)).

b) En cuanto al grupo de edades de 40-42 años, nuestros resultados son parecidos a los obtenidos por EPSTEIN (2,82D a los 40-42 años (1984)) y MIRANDA (2,38D a los 39-41 años (1987)); siendo superiores a los de RAMBO (1,22D a los 40 años (1960)); e inferiores a los de DONDERS (4D a los 40 años (1864)), DUANE (5,9D a los 40 años (1912)), COATES (4D a los 40 años (1955)), FITCH (5,49D a los 40 años (1971)), MARG (4,25D a los 42 años (1987)), KAIMBO (3,02D a los 40 años (1988)), y SUN (4D a los 40 años (1988)).

c) Con respecto al grupo de edad de 48 a 51 años, nuestros valores están próximos a los valores obtenidos

por COATES (1,2D a los 50 años (1955)), RAMBO (0,62D a los 50 años (1960)), MIRANDA (1,32D a los 48-50 años (1987)), y KAIMBO (1,25D a los 50 años (1988)); siendo inferiores a los de DONDERS (2,25D a los 50 años (1864)), DUANE (2D a los 50 años (1912)), FITCH (2,60D a los 50 años (1971)), MARG (2D a los 50 años (1987)) y SUN (2D a los 50 años (1988)).

d) En el grupo de edad > 59 años, observamos que nuestros resultados, se aproximan a los obtenidos por por todos los autores revisados en la bibliografía.

Coincidimos con muchos autores de la bibliografía (FITCH, 1971; EPSTEIN, 1984; RAMBO, 1960; MARG, 1987; MIRANDA, 1987) respecto a que no podemos obtener los mismos resultados que los reportados por DONDERS (1864) y DUANE (1912), así como, por cualquier otro autor, si tenemos en cuenta que la metodología (iluminación, tarjeta optotipo, estudio binocular-monocular, distancia y tamaño del objeto estímulo, criterio para el punto de borrosidad, etc...), es diferente en cada uno de ellos.

C) En nuestro estudio no observamos diferencias significativas de A.A. con respecto al sexo ($p = 0,05$). Iguales resultados son obtenidos por HOFSTETTER (1968), FITCH (1971) y MIRANDA (1979). Sin embargo, MILLODOT (1989) refiere acomodación mayor en las mujeres.

Por otra parte, KRAGHA (1986), refiere en sus

estudios que las mujeres presentan presbicia más tarde que los hombres; contrariamente WEALE (1981), observa que, las mujeres occidentales son presbitas antes que los hombres.

D) En relación a los valores de A.A. según se estudia el O.D. u O.I., vemos que en nuestro estudio no existen diferencias significativas entre los valores de A.A. de cada uno de ellos en el mismo paciente ($p = 0,05$); dato que coincide con los resultados obtenidos por RAMBO (1960), FITCH (1971), MARG (1987).

E) Respecto a la A.A. dependiendo del grado refractivo (miope, hipermetrope y emetrope) como se refleja en la Fig. 59, vemos, que tanto en el grupo de miopes como en el de emétopes, los valores se aproximan a los del estudio de la totalidad de los casos. Sin embargo, en el grupo de hipermétopes, podemos observar, que en edades jóvenes, < 37 años, existe un descenso de la curva de A.A. con respecto a los otros dos grupos; siendo a partir de aproximadamente los 38 años, el comportamiento de las tres curvas similar.

Esto se explicaría por la hipocorrección de los sujetos hipermétopes en edades jóvenes. Debido a que hoy en día la refracción es realizada en un alto porcentaje de sujetos, dentro de gabinetes ópticos y por lo tanto la prescripción de su corrección se realiza sin el uso de cicloplejia, lo que justificaría la hipocorrección de estos sujetos hipermétopes.

. De la misma manera, también deberíamos de tener en cuenta, la frecuente intolerancia por parte del sujeto hipermetrope a llevar la total corrección de su ametropía.

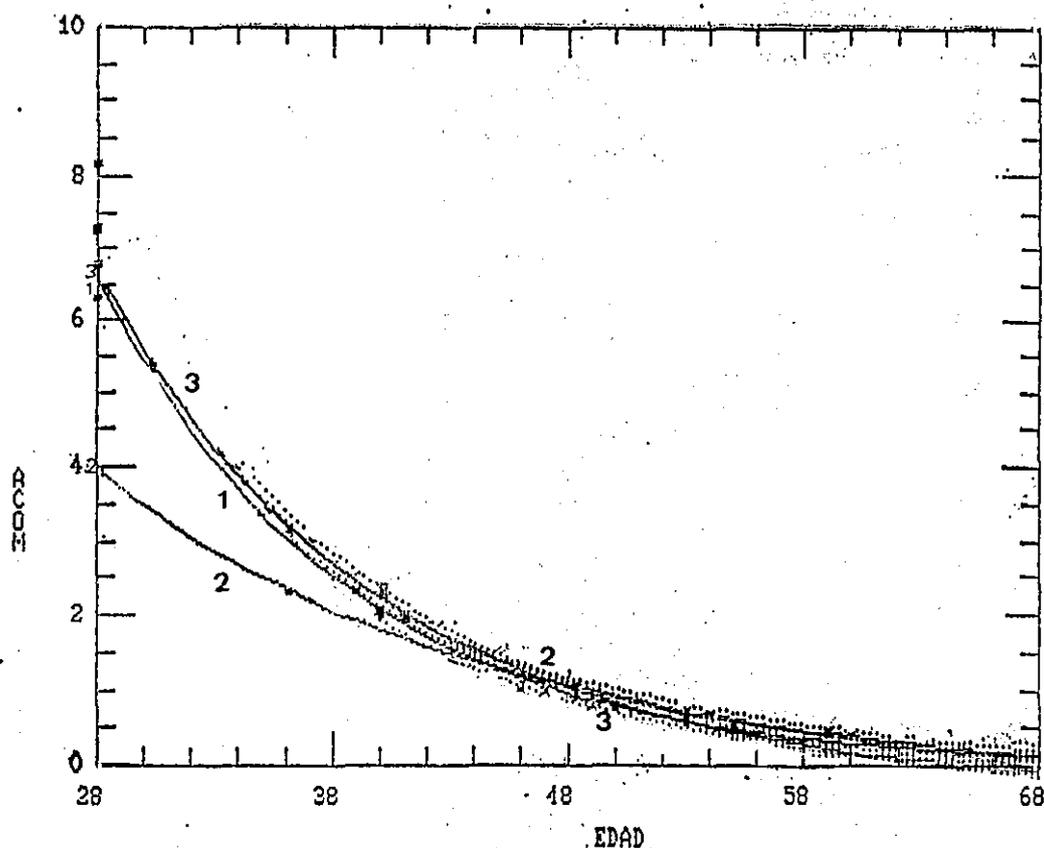


Fig.59: Estudio comparativo de la A.A. frente a la edad en miopes (1), hipermetropes (2) y emétopes (3).

Destacar que en el grupo de sujetos jóvenes, los miopes presentan una acomodación ligeramente superior a la de los emétopes; iguales resultados han sido comentados en los estudios de PARSSINEN y ERA (1985), que obtienen en el grupo de edad de 31-35 años una diferencia de 0,6 a 0,9D

mayor en el miope que en el no miope; así como, NEVILLE (1986) y MADDOCK (1981), quienes encuentran en sujetos jóvenes, que los miopes tienen mayor A.A. que los emétopes, y éstos a su vez mayor que los hipermétropes.

Observamos también, en la Fig. 59, que aproximadamente a partir de los 45 años, los hipermétropes muestran una A.A. ligeramente superior a la de los emétopes, y éstos, superior a la de los miopes; coincidiendo con los datos obtenidos por GARCÍA SÁNCHEZ (1987), quien refiere a la edad de 44 ± 1 año, mayor acomodación en los hipermétropes que en los miopes.

F) En nuestro estudio observamos que la edad de inicio de la presbicia ocurre aproximadamente a los 38 años, ya que para el grupo de edad de 36-39 años, obtenemos un valor de A.A. media de 3,55D. Así como, apreciamos que la presbicia está establecida sobre los 40-43 años, es decir, cuando la A.A. ha descendido a 2,10D.

Al comparar nuestros resultados de la edad de inicio de la presbicia con los de otros autores (Fig. 11), coincidimos con los presentados por RAMBO (1960), ACCARDI (1971, cit. Weale, 1981), MIRANDA (1987) y KAIMBO (1988).

Sin embargo, no coincidimos con los resultados obtenidos por DONDEERS (1864), DUANE (1912), y KRAGHA (1986), quienes revelan edades superiores al iniciarse la presbicia. Asimismo, en otros estudios, tales como los de

WHO (cit. Weale, 1981), ONG (1981), ADEFULE (1983) y WHARTON (1986), se ha observado una edad de inicio de la presbicia inferior a la nuestra.

6.- CONCLUSIONES

6.- CONCLUSIONES.

- I.- Con nuestro estudio hemos podido conocer el desarrollo de la acomodación en una población sin patología oftalmológica, a través de un método subjetivo, que consideramos fiable, ya que ha sido realizado sobre una población de nivel cultural elevado.
- II.- Consideramos que nuestro método de estudio de la amplitud de acomodación, es un método sencillo y válido, ya que nos ha permitido el estudio de la A.A. monocular a través de la obtención del punto próximo; el cual fue medido utilizando el método de "borrosidad" (borrosidad hacia la claridad) con el acomodómetro Essilor.
- III.- La A.A. disminuye a medida que aumenta la edad, siendo mayor este descenso entre los 38 y 45 años.
- IV.- Consideramos como edad de inicio de la presbicia, los 38 años (36-39); siendo entre los 42 y 45 años, la edad en que la presbicia está establecida.
- V.- A la edad de 50 a 52 años, la A.A. alcanza valores mínimos, no existiendo cambios significativos a partir de esta edad.

VI.- En sujetos mayores de 45 años, la A.A. de los hipermétropes es ligeramente superior a la de los emétropes.

VII.- La A.A. de los emétropes es superior a la de los miopes, en la población de edad superior a 45 años.

VIII.- No se observan diferencias significativas de la A.A. con respecto al sexo.

IX.- No hemos encontrado diferencias significativas entre la A.A. y entre el O.D y O.I. del mismo paciente.

7.- BIBLIOGRAFIA

7.- BIBLIOGRAFIA.

- * ADEFULE A.O., VALLI N.A. (1983): "*Presbyopia in nigerians. East african*". Med. J. 60: 766-772.
- * ADLER F. (1988): "*Fisiología del ojo. Aplicación clínica*". (R.A. Moses, Ed.); 8ª Edición. Panamericana. Buenos Aires.
- * ADLER-GRINBERG D. (1987): "*Questioning our classical understanding of accommodation and presbyopia*". En: *Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium*. (L.S. Stark, G. Obrecht, Eds.), págs: 264-274. Professional Press Books. New York.
- * ALLEN D.G. (1961): "*Accommodation after the age of forty years*". Am. J. Ophthalmol. 52: 702-705.
- * AMERSON T.L., MERSHON D.H. (1988): "*Time-of-day variations in oculomotor function. I.- Tonic accommodation and tonic vergence*". Ophthalmol. Physiol. opt. 8: 415-422.
- * ARAKI M., TOKORO T., MATSUO C. (1964): "*Movement of the ciliary body associated to accommodation*". Acta Opth. Jap. 68: 1852-1859.
- * ARMALY MF., RUBIN M.L. (1961): "*Accommodation and applanation tonometry*". Arch. Ophthalmol. 65: 415-423.
- * ARMALY M.F., JEPSON N.C. (1962): "*Accommodation and the dynamics of the steady state intraocular pressure*". Invest. Ophthalmol. 1: 480-483.

- * ARNULF A., DUPUY O., FLAMANT F. (1955): *"Microfluctuations of accommodation of the eye"*. *Annales D'Optique Oculaire*, 3: 109-118.
- * ASSIA E.I., APPLE D.I. (1992): *"Observación lateral del cristalino y de la cápsula vacía"*. *Arch. Ophthalmol (Ed. Española)*, 3: 152-156.
- * BANKS M.S. (1980): *"Infant refraction and accommodation"*. En: *Electrophysiology and psychophysics: The ophthalmic diagnosis*. Boston, Little, Brown and Co. *Int. Ophthalmol. Clin.* 20: 205-211.
- * BANNON R.E., COOLEY F.H., FISHER H.M., TEXTYOR R.T. (1950): *"The stigmatoscopy method of determining the binocular refractive status"*. *Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom.* 27: 371-384.
- * BELL G.R. (1980): *"The Coleman theory of accommodation and its relevance to myopia"*. *J. Am. Optom. Assoc.* 51: 582-588.
- * BERENS C. (1949): *"Diagnostic examination of the eye"*. Págs: 305-306. J.B. Lippincott Co. Boston
- * BLOEMENDAL H. (1981^a): *"Biosynthesis of lens crystallins"*. En: *Molecular and Cellular biology of the eye lens (H. Blomendal, Ed.)*, Págs: 189-220. Wiley Interscience Publication. New York.
- * BLOEMENDAL H. (1981^b): *"The lens proteins"*. En: *Molecular and Cellular biology of the eye lens (H. Blomendal, Ed.)*, Págs: 1-47. Wiley Interscience Publication. New York.

- * BLOOM M., BERKLEY M.A. (1977): *"Visual acuity and the near point of accommodation in cats"*. Vision Res. 17: 723-730.
- * BORNFIELD N., SPITZNAS M., BREIPOHL W., BIJVANK G.J. (1974): *"Scanning electron microscopy of the zonule of Zinn"*. Arch. Klin. Exp. Ophthalmol. 192: 117-129.
- * BOUR J. (1981): *"The influence of the spatial distribution of a target on the dynamic response and fluctuations of the accommodation of the human eye"*. Vision Res. 21: 1287-1296.
- * BRIEN N.A., MILLODOT M. (1986): *"Amplitude of accommodation and refractive error"*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 27: 1187-1190.
- * BRODKEY J., STARK L. (1967): *"Feedback control analysis of accommodative convergence"*. Am. J. Surg. 114: 150-158.
- * BROWN N. (1973): *"The change in shape and internal form of the lens of the eye in accommodation"*. Exp. Eye Res. 15: 441-459.
- * BROWN N. (1974): *"The change in lens curvature with age"*. Exp. Eye Res. 19: 175-183.
- * CALASANS M.O. (1953): *"Architecture of the ciliary muscle in man"*. Ann. Fac. Med. Univ. Sao Paulo, 27: 3. (Citado por Hogan, 1971).
- * CARLIN R., COTLIER E. (1971): *"Glycosidases of the crystalline lens"*. Invest. Ophthalmol. 10: 887-896.

- * CIUFFREDA K.J., KELLNDORFER J. (1987): "*Contrast and accommodation*". En: *Presbyopia* (L. Stark, G. Obrech, Eds.), págs: 116-122. Fairchild Publications. New York.
- * COATES W.R. (1955): "*Amplitudes of accommodation in South Africa*". *Brit. J. Physiol. Opt.* 12: 76-86.
- * COLEMAN D.J. (1970): "*Unified model for accommodative mechanism*". *Am. J. Ophthalmol.* 69: 1063-1079.
- * COSTENBADER F.D. (1957): "*The improved accommodometer*". *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaringol.* 61: 225-226
- * COTLIER E. (1962): "*The mitotic cycle of the lens epithelium: effect of age and galactose*". *Arch. Ophthalmol.* 68: 801-809
- * COTLIER E. (1988): "*El cristalino*". En: *Adler Fisiología del ojo. Aplicación clínica (8ª Edición)*, (R.A. Moses, Ed.), págs: 289-314. Panamericana. Buenos Aires.
- * COURTOIS Y. (1987): "*The capsule of the cristalline lens*". En: *Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium*, (L.S. Stark, G. Obrecht), págs: 45-53. Professional Press Books. New York.
- * CHARMAN W.M., TUCKER J. (1977): "*Dependence of the accommodation response on the spatial frequency spectrum of the observed objet*". *Vision Res.* 17: 129-139
- * CHARMAN W.N., WHITEFOOT H. (1978): "*Astigmatism, accommodation, and visual instrumentation*". *Applied Optics* 17: 3903-3910.

- * CHARMAN W.M., HERON G. (1979): "*Spatial frequency and the dynamics of the accommodation response*". *Optica Acta* 26: 217-228.
- * CHARMAN W.N. (1982): "*The accommodative resting point and refractive error*". *Ophthalmic. Opt.* 21: 469-473.
- * CHARMAN W.N, (1989): "*The path to presbyopia: straight or crooked?*". *Ophthalmic Physiol. Opt.* 9: 424-430.
- * CHATTOPADHYAY D.N., SEAL G.N. (1984): "*Amplitude of accommodation in different age groups and age of onset of presbyopia in Bengalee population*". *Indian J. Ophthalmol.* 32: 85-87.
- * CHYLACK L.T., CHENG H. (1978): "*Sugar metabolism in the crystalline lens*". *Surv. Ophthalmol.* 23: 26-34
- * DANTAS A.M. (1984): "*Tratado de Neuroftalmologia*". Págs: 356-359. Editorial JIMS S.A. Barcelona.
- * DAUM K.M. (1983): "*Accommodative dysfunction*". *Doc. Ophthalmol.* 55: 177-198.
- * DENIEL P., SIMON J. (1977): "*Optometre enregistreur des microfluctuations d'accommodation*". *Vision Res.* 17: 1115-1124.
- * DENIEUL P. (1978): "*Dynamic study of micro-fluctuations of accommodation with a high sensitive infrared optometer*". *Proceedings of ICO, Madrid*: 51-54.
- * DENIEUL P. (1982): "*Effects of stimulus vergence on mean accommodation response, microfluctuations of accommodation and optical quality of the human eye*". *Vision Res.* 22: 561-569.

- * DISCHE Z., EHRLICH G. (1955): *"The breakdown of glucose and its phosphoric esters in the bovine lens capsule"*. Am. J. Ophthalmol. 39 (Part.2): 99

- * DONDERS F.C. (1864): *"Annomalies of accommodation and refraction of the eye"*. London: New Sydenham Society, Págs: 204-214.

- * DUANE A. (1909): *"The accommodation and Donder's curve and the need of revising our ideas regarding them"*. JAMA 52: 1992-1996.

- * DUANE A. (1912): *"Normal values of the accommodation at all ages"*. JAMA 59: 1010-1013.

- * DUBOIS-POULSEN A. (1987): *"A historical review of the theories of accommodation"*. En: Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium, (L.S. Stark, G. Obrecht), págs: 433-441. Professional Press Books. New York.

- * DUKE-ELDER S. (1969): *"The practice of refraction"*. Págs: 123-131. Mosby, St. Louis.

- * DUKE-ELDER S. (1985): *"Refracción del ojo: Optica fisiológica"*. En: Refracción teoría y práctica (Revisado por D. Abrams), Cap. 3, págs: 31-46. Editerial JIMS, Barcelona.

- * ENOCH J.M. (1975): *"Marked accommodation retinal, strech, monocular space perception, and retinal receptor orientation"*. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 52: 376-392.

- * ENOCH J.M. (1983): *"Perimetry, today and tomorrow"*. Doc. Ophthalmol. 55: 307-322.

- * ENOCH J.M., MOSES R.A., NYGAARD R.W., ALLEN D. (1983): *"Perimetric techniques used to assess retinal strain during accommodation"*. Doc. Ophthalmol Proc. Series 35: 413-420.
- * EPSTEIN D. (1984): *"The correlation between the amplitude of accommodation and low luminance myopia"*. Acta Ophthalmol. 62: 955-960.
- * ESKRIDGE J.B. (1972): *"Ciliary muscle effort in accommodation"*. Am. J. Optom. 49: 632-635.
- * ESKRIDGE J.B. (1984): *"Review of ciliary muscle effort in presbyopia"*. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 61: 133-138.
- * FARNSWORTH P.N., MAURIELLO J.A., BURKE-GADOMSKI P. (1976): *"Surface ultrastructure of the human lens capsule and zonular attachments"*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 15: 36-40.
- * FARNSWORTH P.N., BURKE P. (1977): *"Three-dimensional architecture of the suspensory apparatus of the lens of the rhesus monkey"*. Exp. Eye Res. 25: 563-576.
- * FARNSWORTH P.N., SHYNE S.E. (1979): *"Anterior zonular shifts with age"*. Exp. Eye Res. 28: 291-297.
- * FINCHAM E.F. (1937): *"The mechanism of accommodation"*. Brit. J. Ophthalmol. 8 (suppl. 7): 1-80.
- * FISHER R.F. (1969^a): *"Elastic constants of the human lens capsule"*. J. Physiol. 201: 1-19.
- * FISHER R.F. (1969^b): *"The significance of the shape of the lens and capsular energy changes in accommodation"*. J. Physiol. 201: 21-47.

- * FISHER R.F. (1971): *"The elastic constants of the human lens capsule"*. J. Physiol. 212: 147-180.
- * FISHER R.F. (1973^a): *"Human lens fibre transparency and mechanical stress"*. Exp. Eye Res. 16: 41-49.
- * FISHER R.F., PETTET B.E. (1973^b): *"Presbyopia and the water content of the human crystalline lens"*. J. Physiol. 234: 443-447.
- * FISHER R.F., WAKELY J. (1976): *"The elastic constants and ultrastructural organization of a basement membrane (lens capsule)"*. Proc. Roy. Soc. Lond. 193: 335-358.
- * FISHER R.F. (1982): *"The vitreous and lens in accommodation"*. Trans. Ophthalmol. Soc. U.K. 102: 318-322.
- * FISHER R.F. (1983): *"Is the vitreous necessary for accommodation in man?"*. Brit. J. Ophthalmol. 67: 206
- * FISHER R.F. (1985): *"The mechanics of accommodation in relation to presbyopia"*. Optom. Today, 25: 704-705
- * FISHER R.F. (1986): *"The ciliary body in accommodation"*. Trans. Ophthalmol. Soc. U.K. 105: 208-219.
- * FISHER R.F. (1988): *"The mechanics of accommodation in relation to presbyopia"*. Eye 2: 646-649.
- * FITCH R.C. (1971): *"Procedural effects on the manifest human amplitude of accommodation"*. Am. J. Optom. 48: 918-926.
- * FORBES J., HOLDEN R., HARRIS M., BROWN N., BRON A. (1992): *"Growth of the human crystalline lens in childhood"*. Exp. Eye Res. 55 (Suppl. 1): S-172 (578)

- * FREEMAN R.D. (1975): "*Asymmetries in human accommodation and visual experience*". *Vision Res.* 15: 483-492.
- * FUCHS E. (1897): "*Manual of Ophthalmology*". Págs: 702-703. Carré et Nad. Paris. (Trans. C. Lecompte and L. Leplat).
- * FUCHS E. (1923): "*Textbook of Ophthalmology*". Philadelphia. Lippincott, Ed. 7: Págs: 173-177.
- * FUCHS E. (1958): "*Afecciones del cristalino*" Págs: 470-475, y "*Acomodación*", Págs: 908-923. En: *Oftalmología* 3ª Ed. (T. II). Editorial Labor. Barcelona
- * GARCIA SANCHEZ J. (1987): "*A comparative study of the reserve of accommodation*". En: *Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium* (L.S. Stark, G. Obrecht), págs: 305-307. Professional Press Books. New York.
- * GARNER L.F. (1983): "*Mechanism of accommodation and refractive error*". *Ophthal. Physiol. Opt.* 3: 287-293.
- * GIL DEL RIO E. (1984): "*Acomodación*". En: *Optica fisiológica clínica. Refracción*. Págs: 222-254. Toray S.A., Ed. Barcelona.
- * GILLESSIN P. (1938): "*Experimental investigations on the questions of susceptibility to cataracts*". *Arch. Ophthalmol.* 138: 598-619.
- * GILMARTIN B., HOGAN R.E. (1985): "*The relationship between tonic accommodation and ciliary muscle innervation*". *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 26: 1024-1028.

- * GRAVES B. (1925): *"The response of the lens capsules in the act of accommodation"*. Trans. Am. ophthalmol. Soc. 23: 184-193.

- * GRIGNOLO A. (1954): *"Researches on the submicroscopic structure of the lens capsule"*. G. Ital. Oftal. 7: 300-306

- * GULLSTRAND A. (1924): *"Appendices to Helmholtz's treatise"*. Physiol. Opt. 1: 361.

- * GULLSTRAND A. (1962): *"Appendices to Part I in Helmholtz's treatise on physiological optics originally published by the Optical Society of America 1925. Present by Dover Publications. New York.*

- * GUYTON A.C. (1985): *"Control automático de la acomodación y abertura pupilar"*. En: Tratado de fisiología médica. Págs: 904-905. Enalsa. Madrid.

- * HALPEN G.W.H.M. (1978): *"A correlation matrix of optical elements and age of the human eye"*. Exp. Eye Res. 26: 573-579.

- * HAMASAKI D., ONG J., MARG E. (1956): *"The amplitude of accommodation in presbyopia"*. Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom 33: 3-14.

- * HANLON S.D., NAKABAYASHI J., SHIGEZAWA G. (1987): *"A critical view of presbyopic add determination"*. J. Am. Optom. Assoc. 58: 468-472.

- * HARDING J.J. (1982): *" The biochemical organization of the lens"*. Trans. Ophthalmol. Soc. U.K. 102: 310-313.

- * HARDING J.J. (1991): *"Nonenzymic posttranslational modification of lens proteins in aging"*. En: *Presbyopia research: from molecular biology to visual adaptation* (G. Obrecht, L.W. Stark, Eds), Págs: 57-60. 4Th. Int. Symp. on Presbyopia, Marrakesh, June 1989. *Perspectives in Vision Research Series* Plenum Press. New York
- * HELMHOLTZ H. (1855): *"Ueber die accommodation des auges"*. *Graefes Arch. Klin. Exp. Ophthal.* 1: 1-74.
- * HELMHOLTZ H. (1924): *"Treatise on physiological optics, 3ª Ed"*. Translated by I.P.C. Southall (Optical Society of America, New York). (Citado por Warren, 1980).
- * HELMHOLTZ H. (1962): En: *"Physiological optics I"*. (J.P.C. Southall, Ed.). Vol. 8, Pág: 171. Dover Publications. New York. (Citado por Stark, 1987).
- * HENNESSY R.T., IIDA T., SHINA K., LEIBOWITZ H.W. (1976): *"The effect of pupil size on accommodation"*. *Vision Res.* 16: 587-589.
- * HESS C. (1904): *"Observations concernig accommodation organs"*. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 42: 309-315.
- * HOCKWIN O., OHRLOFF C. (1984): *"The eye in the elderly-lens"*. *Geront. Opth.* 3: 373-424.
- * HOCHWIN O., ECKERSKON U., OHRLOFF C. (1986): *"Physiologie du cristallin"*. *Encycl. Med. Chir.* (Paris, France) *Ophthalmologie*, 21024 B¹⁰.
- * HOCKWIN O. (1987): *"Biometry of the anterior eye segment"*. En: *Presbyopia. Recent research and reviews from the Third Int. Symposium* (L.S. Stark, G. Obrecht), págs: 73-91. Professional Press Books. New York.

- * HOFSTETTER H.W. (1944): *"A comparison of Dugnes's and Donder's tables of the amplitude of accommodation"*. Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom. 21: 345-363.

- * HOFSTETTER H.W. (1965): *"A longitudinal study of amplitude changes in presbyopia"*. Am. J. Optom. Arch. Acad. Optom. 42: 3-8.

- * HOFSTETTER H.W. (1968): *"Further data on presbyopia in different ethnic groups"*. Am. J. Optom. Arch. Acad. Optom. 45: 522-527.

- * HOGAN M.J., ALVARADO J.A., WENDELL J.E. (1971): *"Histology of the human eye: an atlas and textbook"*. Págs: 638-677. W.B. Saunders Company Ed. Toronto.

- * HOSAKA A., YAMADA H., QUARCOOPOME C.O. (1976): *"Standard patterns of impedance cyclogram in normal gnanaians"*. Jap. J. Ophthalmol. 20: 212-220.

- * ISHIKAWA T. (1962): *"Fine structure of the human ciliary muscle"*. Invest. Ophthalmol. 1. 587-608.

- * JACOB T.C., DUNCAN G. (1981): *"Osmolarity controls ion channel conductance in lens membranes"*. Ophthalmic. Res. 260-268.

- * KACZUROWSKI M.I. (1964): *"Zonular fibers of the human eye"*. Am. J. Ophthalmol. 57: 1031-1047.

- * KAIMBO K., MAERTENS K., MISSOTTEN L. (1988): *"L'amplitude d'accommodation chez le Zaïrois"*. J. Fr. Ophthalmol. 11: 435-438.

- * KARPOUZAS I., ASSOULINE M., LEGEAIS J., RENARD G. (1992): *"Modelling of lens accommodation by the method of finite elements"*. Exp. Eye Res. 55 (Suppl. 1): S-109 (365).
- * KAUFMAN P.L., ROHEN J.W., BARANY E.H. (1979): *"Hyperopia and loss of accommodation following ciliary muscle disinsertion in the cynomolgus monkey: physiologic and scanning electron microscopic studies"*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 18: 665-673.
- * KIBBELAAR M.A. (1980): *"Is actin in eye lens a possible factor in visual accommodation?"*. Nature, 85: 506-508.
- * KLEIFELD O. (1956): *"Report on intracapsulary accommodation mechanism"*. Doc. Ophthalmol. 10: 132-173.
- * KLEINSTEIN R.N. (1987): *"Epidemiology of presbyopia"*. En: Presbyopia Book (K.L. Stark, G. Obrech, Ed.), págs: 12-18. Research and Reviews from the Third International Symposium. New York.
- * KORETZ J.F., HANDELMAN G.H. (1982): *"Model of the accomodative mechanism in the human eye"*. Vision Res. 22. 917-927.
- + KORETZ J.F., HANDELMAN G.H., BROW N.P. (1984): *"Analysis of human crystalline lens curvature asa function of accomodative state and age"*. Vision Res. 24: 1141-1151.
- * KORETZ J.K., HANDELMAN G.H. (1988): *"Como enfoca el ojo humano"*. Investigación y Ciencia 144: 60-68.
- * KORETZ J.F., KAUFMAN P.L., NEIDER M.H., GOECKNER P.A. (1989): *"Accommodation and presbyopia in the human eye. Aging of the anterior segment"*. Vision Res. 29: 1685-1692.

- * KORGE A., KRUEGER H. (1984): "*Influence of edge sharpness on the accommodation of the human eye*". Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 222: 26-28.
- * KRAGHA I.K.O.K. (1986): "*Amplitude of accommodation: population and methodological differences*". Ophthalmol. Physiol. Opt. 6: 75-80.
- * KRAMAR P.O., DRINKWATER B.L., FOLINSBEE L.J., BEDI J.F. (1983): "*Ocular functions and incidence of acute mountain sickness in women at altitude*". Avian Space Environ Med. 54: 116-120.
- * KRIMSKY E. (1959): "*A modified prince rule*". Am. J. Ophthalmol. 49: 827-829.
- * LAST R.J. (1968): "*The eyebal*". En : Wolff's anatomy of the eye and orbit (6 Ed.), Cap. II, págs: 160-181. W.B. Saunders. Philadelphia.
- * LE GRAND Y. (1964): "*Optique physiologique*". Edit Revue d'optique. Paris.
- * LEIBOWITZ H.W., OWENS D.A. (1975): "*Anomalous myopias and the intermediate dark focus of accommodation*". Science 189: 646-648.
- * LEIBOWITZ H.W., OWENS D.A. (1978): "*New evidence for the intermediate position of relaxed accommodation*". Doc. Ophthalmol. 46: 133-147.
- * LERMAN S. (1985): "*Chemical and physical condition of the normal or aging lens: spectroscopic analysis*". En: Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium (L.S. Stark, G. Obrecht, Eds.), Págs: 54-66. Prpfessional Press Books. New York.

- * LUEDE W.H. (1927): *"Hensen and Voelcker's experiments on the mechanism of accommodation: an interpretation"*. Trans. Am. Ophthalmol. Soc. 25: 250-267.
- * MADDOCK R.J., MILLODOT M., LEAT S., JOHNSON C.A. (1981): *"Accommodation responses and refractive error"*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 20: 387-391.
- * MAGITOT A. (1946): *"Accommodation"*. En: *Physiologie oculaire clinique*. Págs: 224-255. Masson et C^{ie} Ed. Paris.
- * MAISEL H., ELLIS M. (1984): *"Cytoskeletal proteins of the aging human lens"*. Curr. Eye Res. 3: 369-381.
- * MARG E. (1987): *"Presbiopia in man revisited"*. En: *Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium (L.S. Stark, G. Obrecht)*, págs: 247-249. Professional Press Books. New York.
- * MARKOWITZ S.N., MORIN J.D. (1985): *"The ratio of lens thickness to axial length for biometric standardization in angle closure glaucoma"*. Am. J. Ophthalmol. 99: 400-402.
- * MARQUEZ M. (1934): *"Lecciones de oftalmología clínica. Parte General"*. (2 Ed.). Cuaderno 2º: Lección 14, págs: 191-207. Ed. Blas S.A. Madrid.
- * MARQUEZ M. (1981): *"Las propiedades ópticas del ojo normal. La presbicia"*. En: *Lecciones de refracción ocular, según la edición príncipe hecha en Madrid el año 1926"*. Lección 13, págs: 1-25. Ed. Essilor. España.
- * MARSHAL J., BEACONSFIELD M., ROTHERY S. (1982): *"The anatomy and development of the human lens and zonules"*. Trans. Ophthalmol. Soc. U.K. 102: 423-440.

- * MAXWELL J.T. (1937): "*Book: Outline of ocular refraction*". Págs: 50-60. Medical Publishing Company. Omaha. Nebraska.
- * MERSHON D.H., AMERSON T.L. (1980): "*Stability of measures of the dark focus of accommodation*". Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 19: 217-225.
- * MICHAELS D. (1980): "*Visual optics and refraction (2ª Ed.)*". Págs: 571-572. Mosby Company. St. Louis.
- * MILLER R.J. (1978): "*Temporal stability of the dark focus of accommodation*". Am J. Optom. Physiol. Opt. 55: 447-453.
- * MILLODOT M., NEWTON I. (1981): "*VEP measurement of the amplitude of accommodation*". Brit. J. Ophthalmol. 65: 294-298.
- * MILLODOT M., MILLODOT S. (1989): "*Presbyopia correction and the accommodation in reserve*". Ophthalmic. Physiol. Opt. Apr. 9: 126-132.
- * MIRANDA M.N. (1979): "*The geographic factor in the onset of presbyopia*". Trans. Am. Ophthalmol. Soc. 78: 603-621.
- * MIRANDA M.N. (1987): "*The enviromental factor in the onset of presbyopia*". En: Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium (L.S. Stark, G. Olbrecht, Eds.), Págs: 19-27. Professional Press Book. New York.
- * MIZUTANI S., NISHIDA S. (1992): "*Morphological changes of the mitochondria and muscle cell in the human ciliary muscle with age*". Exp. Eye Res. 55 (Suppl. 1): S-108 (359).

- * MORAT J.P., DOYAN M. (1891): "*Le grand sympathétique nerf de l'accommodation pour la vision des objets éloignés*", *Annls. D'Ocul.* 106: 28 (Citado por Garner, 1983).
- * MORGAN M.W. (1946): "*A new theory for the control of accommodation*". *Am. J. Optom.* 23: 99-110.
- * MOSES R.A. (1970): "*Adler's physiology of the eye (5ª Ed.)*". Págs: 356-371. C.V. Mosby. St. Louis.
- * MOSES R.A. (1988): "*Acomodación*". En: Adler, *Fisiología del ojo: aplicación clínica (8ª Ed.)* (R.A. Moses, Ed.), págs: 315-335. Panamericana. Buenos Aires.
- * NEIDER H.W., CRAWFORD K., KAUFMAN P.L., BITO L.Z. (1990): "*In vivo videography of the rhesus monkey accommodative apparatus. Age-related loss of ciliary muscle response to central stimulation*". *Arch. Ophthalmol.* 108: 69-74.
- * NEVILLE A., BRIEN M., MILLODOT M. (1986): "*Amplitude of accommodation and refractive error*". *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 27: 1187-1190.
- * NIELSEN P. (1982): "*Visible changes of the lens with age*". *Trans. Ophthalmol. Soc. U.K.* 102: 237-330.
- * NISHIDA S. (1990): "*Aging changes in ocular tissues and their influences on accommodative functions*" *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 94: 93-119.
- + NORDMANN J. (1981): "*Do nouveau du cote du cristallin humain et de la cataracte senile?*". *J. Fr. Ophtalmol.* 4: 359-373.

- * OBER M., ROHEN J.W. (1979): "*Regional differences in the fine structure of the ciliary epithelium related to accommodation*". Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 19: 655-664.
- * OLBERT D. (1988). "*Relation of the depth of the anterior chamber to the lens thickness: clinical significance*". Ophthalmic. Res. 20: 149-153
- * O'NEILL W.D., DOYLE J.M. (1968): "*The thin shell deformation analysis of the human lens*". Vision Res. 8: 193-206.
- * ONG J. (1981): "*Southeastern Asian refugees' presbyopia*". Percept Mot. Skills. 53: 667-670.
- * ORTIZ URDIAIN G., DIAZ-FLORES I. (1977): "*Histología del ojo y sus anexos*". Págs.: 56-62 y 123-130. A.G. Cusco. Mallorca.
- * OTERO J.M. (1951): "*Influence of the state of accommodation on the visual performance of the human eye*". J. Opt. Soc. Am. 41: 942-948.
- * OWENS D.A., LEIBOWITZ H.W. (1975): "*The fixation point as a stimulus for accommodation*". Vision Res. 15: 1161-1167.
- * OWENS D.A. (1980): "*A comparison of accommodative responses and contrast sensibility for sinusoidal gratings*". Vision Res. 20: 159-166.
- * OWENS D.A., WOLFE J.M. (1985): "*Accommodation for flickering stimuli*". Ophthalmic. Physiol. Opt. 5: 291-296.
- * OWENS D.A., WOLF-KELLY K. (1987): "*Near work, visual fatigue, and variations of oculomotor tonus*". Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 28: 743-749.

- * PARSONS J.H. (1946): "*Optica fisiológica elemental*". En: *Enfermedades de los ojos*". Cap. IV, Págs: 60-69. Ediciones Morata. Madrid. (Revisado por Stallard, 1966).
- * PARSSINEN O., ERA P. LESKINEN A.L. (1985): "*Some physiological and psychological characteristic of myopic and non-myopic young men*". *Acta Ophthalmol. Suppl.* 173: 85-87.
- * PASCAL J. (1952): "*Book: Studies in visual optics*". Cap. 6, págs: 93-95. C.V. Mosby. St. Louis.
- * PATNAIK B. (1967): "*A photographic study of accommodative mechanisms: changes in the lens nucleus during accommodation*". *Invest. Ophthalmol.* 6: 601-611.
- * PAU H., KRANZ J. (1991): "*The increasing sclerosis of the human lens with age and its relevance to accommodation and presbyopia*". *Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 229: 294-296.
- * PEARSON A.A. (1965): "*The development of the eye*". A Manual of Oregon Medical School Printing Department, Second Ed. U.S.A. Págs: 5-11.
- * PESCADOR S. (1968): "*Oftalmología de la altura*". *Ann. Inst. Barraquer* 8: 158-174.
- * PEYRESBLANQUES J. (1987): "*Posture and presbyopia*". En: *Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium (L.S. Stark, G. Obrecht)*, págs: 7-11. Professional Press Books. New York.
- * PIGION R.G., MILLER R.J. (1985): "*Fatigue of accommodation: changes in accommodation after visual work*". *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 62: 853-863.

- * POST R.B., OWENS R.L., LEIBOWITZ H.W. (1979): "*Correction of empty-field myopia on the basis of the dark-focus of accommodation*". J. Opt. Soc. Am. 69: 89-92.

- * RABIE E.P., STEELE C., DAVIES E.G. (1986): "*Anterior chamber pachymetry during accommodation in emmetropic and myopic eyes*". Ophthalmic Physiol. Opt. 6: 283-286.

- * RAE J.L., MATHIAS R.T. (1985): "*The physiology of the lens*". En: *The ocular lens. Structure, function and pathology* (H. Maisel, Ed). Págs: 93-121. Marcel Dekker. New York.

- * RAFFERTY N.S., GOOSSENS W. (1978): "*Cytoplasmic filaments in the crystalline lens of various species functional correlation*". Exp. Eye Res. 26: 177-190.

- * RAMBO V.C., SANGAL S.P. (1960): "*A study of the accommodation of the people of India*". Am. J. Ophthalmol. 49: 993-1004.

- * RAMSDALE C. (1985): "*The effect of ametropia on the accommodative response*". Acta Ophthalmol. 63: 167-174.

- * RASKIND R.H. (1976): "*Problems at reading distance*". Am. Orth. J. 26: 53.

- * REDDY D.V.N., KINSEY V.E. (1962): "*Studies on the crystalline lens: quantitative analysis of free aminoacids and related compounds*". Invest. Ophthalmol. 1: 635-641.

- * RIPLE P.H. (1952): "*Variation of accommodation in vertical directions of gaze*". Am. J. Ophthalmol. 35: 1630-1634.

- * RIPPS H., CHIN N. (1962): *"The effect of pupil size on accommodation, convergence and the AC/A ratio"*. Invest. Ophthalmol. 1: 127-135.

- * ROHEN J.W. (1965): *"The structure of the eye"*. Págs: 371-382. Verlag-Stuttgart. Schattauer.

- * ROHEN J.W., REWTSCH F.J. (1969): *"Der konstruktive band des zonulaapparates beim menschen und dessen funktionelle bedeutung"*. Graefe's Clin. Exp. Ophthalmol. 178: 1-19

- * ROHEN J.W. (1979): *"Scanning electron microscopic studies of the zonular apparatus in human and monkeys eyes"*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 18: 133-144.

- * ROSENFELD L., SPECTOR A. (1982): *"Comparison of polyunsaturated fatty acid levels in normal and mature cataractous human lens"*. Exp. Eye Res. 35: 69-75.

- * SARAUX H., BIAIS B. (1979): *"Physiologie du cristallin. Accommodation"*. Encycl. Med. Chir. (Paris, France) Ophthalmologie, 21024 B¹⁰.

- * SARAUX H., LEMASSON C., OFFRET H., RENARD G. (1985): *"Anatomía e histología del ojo"*. Cap. 10, págs: 131-138; Cap. 12, págs: 157-167. Ed. Masson. Barcelona.

- * SAWIRES W. (1979): *"La baisse de l'acuité visuelle avec la distance et la fatigue visuelle"*. J. Fr. Ophthalmol. 2: 709-714.

- + SCHOBER H.A.W. (1954): *"Über die akkommodationsruhelage"*. Optik 11: 282-290.

- * SEMMLOW J., HEEREMA D. (1979): *"The synkinetic interaction of convergence accommodation and accomodative convergence"*. Vision Res. 19: 1237-1242.
- * SHEARD C.H. (1918): *"Physiological optics"*. Pags: 89-91. Cleveland Press. Chicago.
- * STARK L. (1987): *"Presbiopia in light of accommodation"*. En: Presbyopia. Recent research and reviews from the Third International Symposium (L.S. Stark, G. Obrecht), págs: 264-274. Professional Press Books. New York.
- * STREETEN B.W. (1982^a): *"The nature of the ocular zonule"*. Trans. Am. Ophthalmol. Soc. 80: 832-854.
- * STREETEN B.W. (1982^b): *"Zonular apparatus"*. En: Ocular anatomy, embryology and teratology (F.A. Jakobiec, Ed.), Págs: 331-353. Harper and Row, Philadelphia.
- * STREETEN B.W. (1983): *"The protein composition of the ocular zonules"*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 24: 119-123.
- * SUN F., STARK L., NGUYEN A. (1988): *"Changes in accommodation with age: static and dynamic"*. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 65: 492-498.
- * SUZUKI H. (1971): *"Observations on the intraocular changes associated with accommodation: an experimental study using radiographic technique"*. Jap. J. Ophthal. 15: 171-182.
- * SUZUKI H. (1973): *"Observations on the intraocular changes associated with accommodation: an experimental study using radiographic technique"*. Exp. Eye Res. 17: 119-128.

- * SWEGMARK G. (1969): "*Studies with impedance cyclography on human ocular accommodation at different ages*". Acta Ophthalmol. 47: 1-21
- * TIMPL R., MARTIN G.R. (1982): "*Components of basement membranes in immunochemistry of the extracellular matrix*". Págs: 119-150. C.R.C. Press.
- * TOATES F.M. (1972): "*Accommodation function of the human eye*". Physiol. Rev. 52: 828-863.
- * TOTA G., LA MARCA F. (1981): "*Rapporti tra accomodazione e riflesso stapediale nelle diverse eta*". Boll. D'Oculista 60: 113-124.
- * TSCHERNING M. (1900): "*Physiologic optics, dioptrics of the eye*". C. Weiland (trans). Philadelphia.
- * VRENSSEN G., SMEETS M., WILLEKENS B. (1992): "*The human eye lens is designed for longevity*". Exp. Eye Res. 55 (Suppl 1): S-190 (638).
- * WARD P.A., CHARMAN W.N. (1985): "*Effect of pupil size on steady state accommodation*". Vision Res. 22: 1317-1326.
- * WARREN B.J. (1980): "*Toward and adaptative model of the human eye*". J. Opt. Soc. Am. 70: 220-223.
- * WEALE R.A. (1962): "*Presbyopia*". Brit. J. Ophthalmol. 46: 660-668
- * WEALE R.A. (1981): "*Human ocular aging and ambient temperature*". Brit. J. Ophthalmol. 65: 869-870.
- * WEALE R. (1989): "*Presbyopia toward the end of the 20th century*". Surv. Ophthalmol. 34: 15-30.

- * WHARTON K.R., YOLTON R.L. (1986): *"Visual characteristics of rural Central and South Americans"*. J. Am. Optom. Assoc. 57: 426-430.

- * WORGUL B.V. (1982): *"Lens"*. En: *Ocular anatomy, embryology and teratology* (F.A. Jakobiec, Ed.). Págs: 331-353. Harper & Row Publisher Inc. New York.

- * WORTMAN B., BECKER B. (1956): *"Enzymatic activities of the lens: a preliminary study"*. Am. J. Ophthalmol. (Part. II) 42: 342-345.

- * YOUNG R.W., FULHORST H.W. (1966): *"Regional differences in protein synthesis within the lens of the rat"*. Invest. Ophthalmol. 5: 288-297.

- * YOUNG F.A. (1975): *"The development and control of myopia in human and subhuman primates"*. Contacto 19: 16-31

- * YOUNG F.A. (1977): *"The nature and control of myopia"*. J. Am. Optom. Assoc. 48: 451-457.

FE DE ERRATAS

- En la pág. 19, en la línea 17 donde pone endoteliales, debe poner **epiteliales**.
- En la pág. 99, en la línea 8 donde pone Fig. 11, debe poner **Fig. 9**.
- En las págs. 164, 165, 166 y 167, en la parte superior de las tablas, en la primera línea, donde pone < 28 años, debe poner ≤ 28 años; y donde pone 28-31, debe poner **29-31**.
- En la pág. 187, fig. 57, donde pone < 28 años, debe poner \leq años; y donde pone 28-31 años, debe decir **29-31 años**.
- En la pág. 188, Fig. 58, en el tercer cuadro superior, donde dice (40-42 años), debe decir **(40-43 años)**; y donde pone (28-31 años), debe poner **(29-31 años)**.
- En la pág. 189, en la línea 15, donde pone 40-42 años, debe poner **40-43 años**.
- En la pág. 192, en la tercera línea del segundo párrafo, donde pone emétropes, debe poner **hipermétropes**.
- En la pág. 193, en la tercera línea del cuarto párrafo, donde dice ACCARDI (1971), debe decir **CHATTOPADHAYAY (1984)**.

FE DE ERRATAS

- En la página 188, Fig. 58, en el tercer cuadro superior, donde dice (40 - 42 años), debe decir (40 - 43 años).

- En la página 189, en la línea 15, donde dice 40 - 42 años, debe decir 40 - 43 años.

- En la página 192, en la tercera línea del segundo párrafo, donde dice emétropes, debe decir hipermetropes.

VERIFICADA EN EL DIA DE HOY LA LECTURA DE LA TESIS

TITULADA ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE

LA RECOMENDACION EN UNA POBLACION SIN PARULLA
ETIOLÓGICA.

DE LA CUI ES AUTORA DOÑA BELEN DIEZ-FEIJOO

ARIAS

OBTUVO POR NOTA LA CALIFICACION DE AS.7. CUM CUM (CUM LA VIGILANCIA)

Madrid, 2 de JULIO de 1923.

El Presidente,

Luis V. Ferrer

El Vocal,

[Signature]

El Vocal,

[Signature]

El Vocal,

[Signature]

El Vocal, Secretario,

[Signature]