



**FACULTAD DE FARMACIA**  
**GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PREVALENCIA DE DISFUNCIONES ACOMODATIVAS EN**  
**ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS EN ÉPOCA DE EXÁMENES**

TFG DE CARÁCTER EXPERIMENTAL

DEPARTAMENTO: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

AUTORA: Yael Guerra Sancho

TUTORA: MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ GONZÁLEZ

SEVILLA, 4 DE JULIO DE 2016

## RESUMEN

Los estudiantes universitarios demandan frecuentemente una atención visual prolongada en visión próxima, pudiendo llegar a afectar a la inervación del músculo ciliar, alterando la acomodación, y produciendo por tanto una anomalía en uno de los pilares de la visión. Por lo que son considerados como un grupo susceptible de presentar problemas visuales.

Se inicia un estudio de las habilidades acomodativas para determinar la prevalencia de este tipo de disfunciones en estudiantes universitarios pertenecientes al grado en Óptica y Optometría, y al grado en Farmacia de la Universidad de Sevilla en una época muy concreta (época de exámenes finales en Junio).

El estudio se realiza con una muestra elegida al azar de 25 estudiantes con edades comprendidas entre 19 y 24 años (con una media de 21,5 años) que debían cumplir unos criterios determinados de inclusión.

Las pruebas acomodativas realizadas fueron: medida de ARN y ARP, medida de la AA tanto binocular como monocular, medida de la RA, medida de la relación AC/A y medida de la FAB y FAM.

Como resultado se determinó que la prevalencia de disfunciones acomodativas para estudiantes universitarios en épocas de exámenes es del 68%, siendo la insuficiencia acomodativa la más frecuente (28%), seguida de la inflexibilidad acomodativa (24%) y del exceso acomodativo (16%). Cabe la posibilidad de que un porcentaje importante presenten anomalías binoculares no estrábicas de tipo vergencial por lo que este estudio sería complementario de otro que se centrase en el estudio de esta función y así conseguir el diagnóstico que estimo más completo.

**Palabras claves:** acomodación, prevalencia, disfunciones.

## ÍNDICE

Resumen	2
Palabras claves	2
Lista de símbolos, abreviaturas y siglas	4
Introducción	
• Anatomía	5
• Historia. Mecanismo de la acomodación	6
• Componentes de la acomodación	6-7
• Conceptos de la acomodación	8-15
• Clasificación de las anomalías acomodativas	16-20
Antecedentes del tema	21-22
Objetivos	22
Metodología	
• Característica de la muestra	23
• Criterios de inclusión	23
• Material e instrumentación	23
• Procedimiento experimental: realización de las pruebas	23-27
• Tratamiento estadístico de los datos	27
• Revisión bibliográfica	27
Resultados	
• Análisis de las diferentes pruebas acomodativas	28-32
• Prevalencia	32
Discusión	33
Conclusiones	34
Bibliografía	34-36
Anexos	
• Anexo I: Cambios anatómicos del ojo durante la acomodación	37
• Anexo II: Dibujo de Helmholtz frente a imagen de resonancia magnética	38

## LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGLAS

<b>AA</b>	Amplitud de acomodación
<b>AO</b>	Ambos ojos
<b>AC/A</b>	Cociente AC/A. Relación acomodación - convergencia.
<b>ARN</b>	Acomodación relativa negativa
<b>ARP</b>	Acomodación relativa positiva
<b>AV</b>	Agudeza visual
<b>cm</b>	Centímetros
<b>cpm</b>	Ciclos por minuto
<b>D</b>	Dioptías
<b>DE</b>	Desviación estándar
<b>DIP</b>	Distancia interpupilar
<b>FA</b>	Flexibilidad acomodativa
<b>FAB</b>	Flexibilidad acomodativa binocular
<b>FAM</b>	Flexibilidad acomodativa monocular
<b>m</b>	Metros
<b>MEM</b>	Método de estimación monocular
<b>OD</b>	Ojo derecho
<b>OI</b>	Ojo izquierdo
<b>PP</b>	Punto próximo
<b>PPC</b>	Punto próximo de convergencia
<b>PR</b>	Punto remoto
<b>RA</b>	Respuesta acomodativa
<b>VL</b>	Visión lejana
<b>VP</b>	Visión próxima
<b>y cols.</b>	Y colaboradores

## INTRODUCCIÓN

La acomodación es la capacidad del ojo para variar su poder refractivo con el fin de obtener una imagen en la retina lo más nítida posible de los objetos de los que deseamos tener información visual y que pueden estar situados a diferentes distancias (Montés-Micó y López, 2011).

### Anatomía del sistema acomodativo

En la anatomía del sistema acomodativo podemos distinguir cuatro elementos principales: el cuerpo ciliar, el músculo ciliar, la zónula de Zinn y el cristalino rodeado de su cápsula (Montés-Micó y López, 2011).

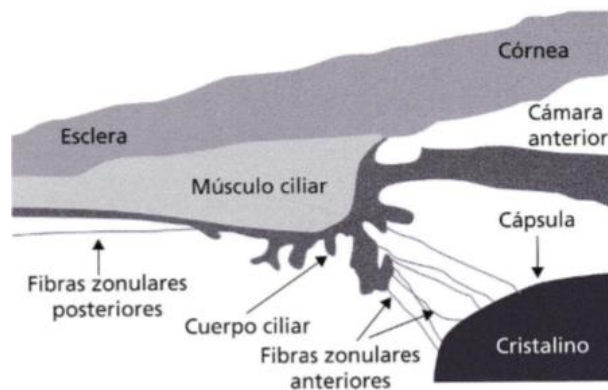


Figura 1. Diagrama esquemático de las estructuras acomodativas (Montés-Micó y López, 2011).

Montés-Micó y López (2011) añaden que:

- La cara posterointerna del cuerpo ciliar presenta dos porciones: la pars plana y la pars plicata. En la pars plana es donde se insertan las fibras zonulares posteriores (las fibras zonulares conforman la zónula de Zinn).
- El músculo ciliar es un músculo liso constituido por fibras meridionales o circulares, cuya contracción relaja la zónula de Zinn.
- La zónula de Zinn es el ligamento suspensorio del cristalino. Las fibras que conforman la zónula son más elásticas que la propia cápsula del cristalino.
- El cristalino es una estructura biconvexa, transparente, elástica y que se localiza por detrás del iris, con su cara posterior encajada en el cuerpo vítreo.

## Historia. Mecanismo de la acomodación

Se atribuye a Descartes el hecho de ser la primera persona que describió el mecanismo acomodativo en 1677, atribuyéndola a cambios en la forma del cristalino mediante un aumento de su curvatura producido por las fibras que lo suspenden para poder así discernir objetos cercanos.

Cramer formuló que la contracción del músculo ciliar y el iris era lo que provocaba el cambio de curvatura del cristalino.

Pero fue Helmholtz quien describió experimentalmente y fundamentó matemáticamente el papel que desempeña la zónula en la acomodación (Montés-Micó y López, 2011).

Según la teoría propuesta por Helmholtz en 1855, (que es la más aceptada), postula que en visión lejana (ojo desacomodado) el músculo ciliar está relajado y las fibras de la zónula están más tensas sosteniendo el cristalino que se encuentra en su posición más delgada y aplanada. Cuando el músculo ciliar se contrae libera la tensión sobre las fibras zonulares que se relajan, permitiendo que la cápsula elástica del cristalino aumente la curvatura de sus caras anterior y posterior, haciendo al cristalino más esférico, disminuyendo su diámetro ecuatorial y al mismo tiempo aumentando su espesor o grosor central (diámetro sagital) (Martín y Vecilla, 2010).

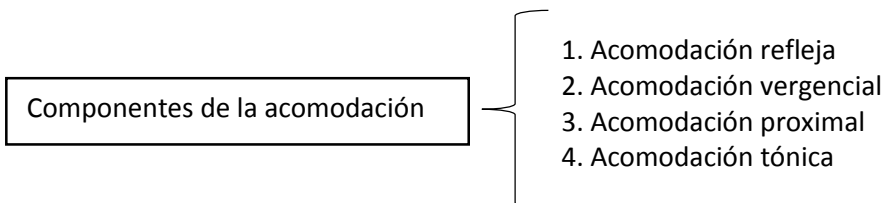
Estos cambios les permite a los cristalinos jóvenes someterse a una recuperación elástica que provoca un aumento de su curvatura y de su poder dióptrico permitiendo enfocar objetos cercanos sobre la retina (Glasser y Campbell, 1998).

Los principales cambios que tienen lugar durante la acomodación están representados en el Anexo I y en el Anexo II podemos ver un dibujo de Helmholtz demostrando su teoría de la acomodación frente a imágenes de resonancia magnética del ojo.

## Componentes de la acomodación

En 1956 Heath desarrolla una clasificación para la acomodación en la cual divide la acomodación en unidades funcionales u operativas (similar a los componentes de convergencia de Maddox, 1893) (Wahlberg, 2011).

De tal forma que el proceso de acomodación puede dividirse en cuatro mecanismos diferenciados que explican la relación entre el estímulo de acomodación, el efecto motor y la respuesta ocular que se produce (Martín y Vecilla, 2010).



### Acomodación refleja

La acomodación refleja es el ajuste automático del estado refractivo con el fin de obtener y mantener una imagen nítida y enfocada en la retina en respuesta a una señal de emborronamiento (Montés-Micó y López, 2011).

Este ajuste tiene lugar tanto en visión lejana como en visión próxima (Martín y Vecilla, 2010) y ocurre para cantidades relativamente pequeñas de emborronamiento, hasta 2D aproximadamente (Fincham, 1951); más allá de esta cantidad ya es necesario un esfuerzo acomodativo voluntario (Ciuffreda, 1988).

La acomodación refleja constituye el principal y más importante componente de la acomodación, tanto en condiciones monoculares como binoculares (Hung y cols., 1996).

### Acomodación vergencial

Es la respuesta acomodativa que se produce debido a cambios en el sistema de vergencia. La acomodación vergencial es la segunda componente más importante de la acomodación (Ciuffreda, 1998).

### Acomodación proximal

Es la acomodación que se produce por la influencia o el conocimiento de la proximidad real o aparente de un objeto (Hokoda y Ciuffreda, 1983).

Se estimula por objetos localizados dentro de los 3m próximos al individuo, de ahí su nombre (Rosenfield y cols., 1991).

La contribución de la acomodación proximal a la respuesta acomodativa total es generalmente muy pequeña en condiciones de visualización normales (Hung y cols., 1996).

### Acomodación tónica

Es la acomodación que se manifiesta en ausencia de emborronamiento, disparidad o proximidad de objetos. No hay, por tanto, ningún estímulo visual a diferencia de las tres anteriores para activar esta acomodación. El valor que se obtiene de la medida de esta acomodación en adultos jóvenes es de aproximadamente 1D, con un rango comprendido entre 0 y 2D. No obstante, se reduce con la edad debido a los límites biomecánicos del cristalino (Montés-Micó y López, 2011).

## Conceptos de la acomodación

### Amplitud de acomodación

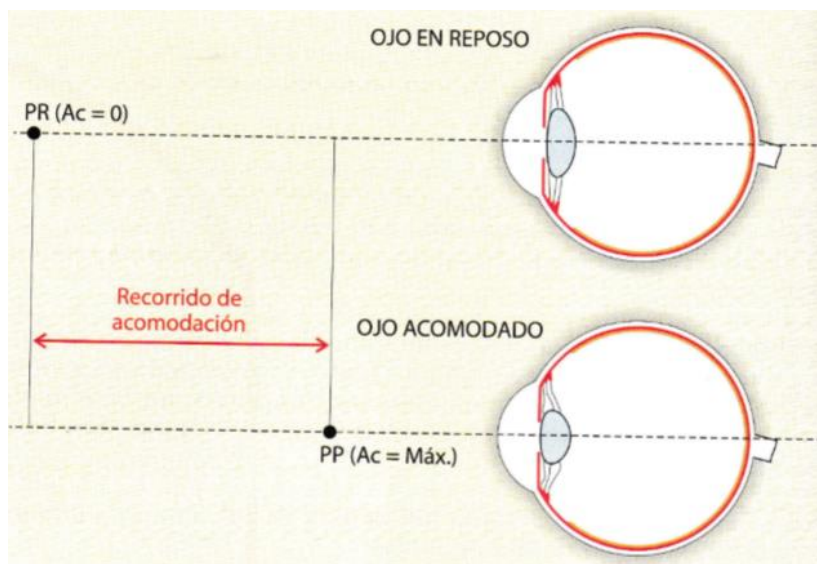
La amplitud de acomodación (AA) se define como la cantidad total de acomodación que el sistema visual es capaz de poner en juego, es decir, el cambio del poder de refracción del cristalino medido en dioptrías (Martín y Vecilla, 2010).

Para su cálculo matemático es necesario conocer las posiciones de máxima y mínima distancia donde el sujeto puede percibir con claridad un objeto o estímulo acomodativo; para ello definimos punto remoto (PR) como el punto más alejado donde el ojo puede formar una imagen nítida en retina y el punto próximo (PP) como el punto más cercano donde se puede originar una imagen clara en retina (Montés-Micó y Fernández, 2005).

Por tanto, tenemos que el valor de la amplitud de acomodación es el valor dióptrico del PP menos el valor dióptrico del PR.

$$AA = \frac{1}{PR} - \frac{1}{PP}$$

Nota: como criterio de signos se consideran negativas las distancias por delante del ojo y positivas las que se sitúan por detrás (Martín y Vecilla, 2010).



Ac: acomodación; PP: punto próximo; PR: punto remoto

Figura 2. Recorrido de acomodación (Martín y Vecilla, 2010).



El estudio llevado a cabo por Heather y cols. en 2008 concluye que la amplitud de acomodación disminuye de manera curvilínea desde los 3 a los 40 años.

Y cuando se combina con datos de estudios previos, una función sigmoïdal es la que describe la tendencia general a lo largo de la vida, produciéndose el mayor descenso entre los 20 y los 50 años (Heather y cols., 2008).

Los dos métodos clínicos más utilizados para la determinación de la amplitud de acomodación son:

1. Método de Donders o de acercamiento. Explicado de manera breve, es un método que se realiza con la corrección para visión de lejos y consiste en ir aproximando una tarjeta de optotipos hasta que el sujeto empieza a ver borroso. Se puede realizar de manera monocular y binocular pero si se realiza binocularmente el resultado variará por efecto de la convergencia.
2. Método de Sheard o con lentes negativas. Este es el método que vamos a usar y se explica con más detalle en el apartado de realización de las pruebas. Explicado de manera breve consiste en ir introduciendo lentes negativas al paciente correctamente compensado con su refracción de lejos, hasta que no pueda mantener nítido el optotipo situado en el foróptero a una distancia próxima. Igual que el método anterior puede realizarse de manera monocular y binocular.

Ambos métodos tienen sus inconvenientes, el método de Donders puede sobreestimar el valor de la AA ya que a medida que se va acercando el test se produce un aumento en el tamaño relativo del mismo y el método de Sheard puede subestimar el valor de la AA ya que las lentes negativas producen un efecto de minimización del test (Martín y Vecilla, 2010).

Para comprobar si la amplitud de acomodación obtenida por el método de las lentes negativas está dentro de la norma para la edad de la persona tenemos la tabla de Sheard.

Edad (años)	Amplitud (D)
15	11
20	9
25	7.5
30	6.5
35	5
40	3.5

Tabla 1. Valores normales de la AA según Sheard (Montés-Micó y Fernández, 2005).

Nota: por este método la AA suele salir 1.5-2D inferior en binocular que en monocular (Montés-Micó y Fernández, 2005).

### Flexibilidad acomodativa

La flexibilidad acomodativa monocular hace referencia a la capacidad o facilidad del sujeto para realizar cambios en su acomodación (relajar-activar) de forma rápida y eficaz (Montés-Micó y Fernández, 2005).

El propósito del examen de la flexibilidad acomodativa es evaluar la resistencia y el dinamismo de la respuesta acomodativa (Scheiman y Wick, 1996).

Ritty y cols. (1993), reseñan que es importante su medida debido a que el 21,7% del tiempo de los estudiantes es dedicado al cambio entre visión lejana y cercana.

Si la prueba se realizase de forma binocular, además de evaluar la capacidad del sistema acomodativo para cambiar el enfoque rápidamente, también se estudia la interacción entre el sistema acomodativo y el de vergencias. Por ello se esperan mayores valores de flexibilidad acomodativa monocular que binocular (Antona, 2010).

La medida de la flexibilidad acomodativa está afectada por el poder dióptrico de las lentes usadas (a medida que aumenta la potencia dióptrica disminuye la flexibilidad) y por el tamaño de la tarjeta usada (letras más grandes mejoran la flexibilidad) (Wahlberg, 2011), por lo que usualmente se mide con flipper de lentes de  $\pm 2,00D$  (Montés-Micó y Fernández, 2005) y la medida consistirá en contar las veces que el paciente consigue aclarar el test con la lente positiva y con la lente negativa; el procedimiento se explica con más detalle en el apartado de realización de las pruebas.

Para saber si los valores obtenidos están dentro de la norma, Zellers y cols., llevaron a cabo un estudio en 1984, donde analizaron la flexibilidad acomodativa de 100 sujetos adultos con edades comprendidas entre 18 y 30 años (dichos sujetos fueron seleccionados por no ser presbíteros, no presentar estrabismos, visión binocular adecuada y estaban corregidos monocularmente para la distancia a la que realizaban la prueba).

Como resultado de dicho estudio se obtuvieron los siguientes datos:

- Media de la FA del OD: 11,59 cpm.
- Media de la FA del OI: 11,09 cpm.
- Media de la FAB: 7,72 cpm.

Estos datos se han utilizado para establecer los valores normales de la prueba de medida de la FA con el fin de relacionarlos con la presencia de sintomatología (Hennessey, 1984).

Edad (años)	Monocular (cpm)	Binocular (cpm)
Adultos (18-30)	11 $\pm$ 5.0	8 $\pm$ 5.0

Tabla 2. Valores normales de la FA (Montés-Micó y Fernández, 2005).

## Respuesta acomodativa

Cuando se observa un objeto más próximo que el infinito óptico (menos de 6m), la cantidad de acomodación puesta en juego (la respuesta acomodativa) suele ser menor que el estímulo acomodativo (inversa de la distancia en metros) (Martín y Vecilla, 2010).

La medida de la respuesta acomodativa (RA) nos permite establecer el plano de enfoque del sujeto respecto al estímulo acomodativo, es decir, si se produce una hiper o una hipo-acomodación (Antona, 2010).

En la práctica clínica en vez de hablar de respuesta acomodativa es frecuente trabajar con el error de acomodación, que corresponde a la diferencia entre el estímulo y la respuesta acomodativa. Se habla de retraso acomodativo o lag si la diferencia es positiva (hipo-acomodación, acomoda menos de lo que realmente debería) y de adelanto acomodativo o lead si la diferencia es negativa (hiper-acomodación, acomoda más de lo que le corresponde) (Antona, 2010).

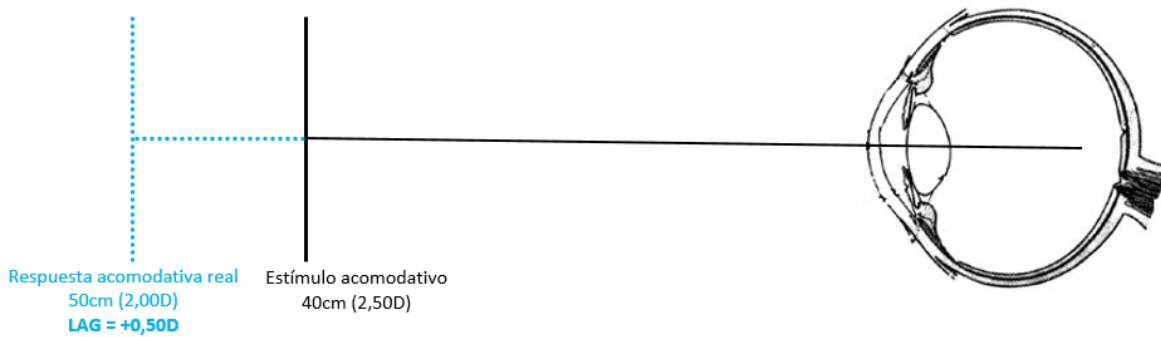


Figura 3. Esquema de un retraso acomodativo (lag)

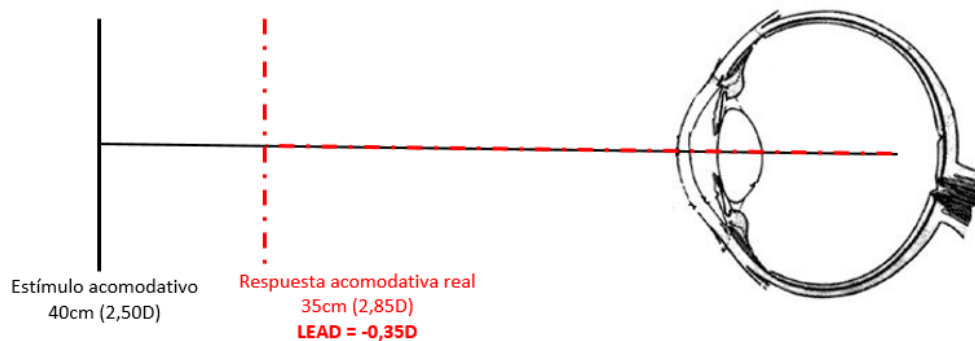


Figura 4. Esquema de un adelanto acomodativo (lead)

Para medir la respuesta acomodativa tenemos varios procedimientos:

1. Retinoscopia MEM. El paciente lleva sobre la gafa de pruebas el resultado del examen subjetivo. Se utiliza un test específico (test con apertura central que permite la observación del reflejo retinoscópico) situado sobre el retinoscopio. Mientras el paciente observa el test de manera binocular, el examinador interpone lentes esféricas de manera rápida y brevemente para neutralizar el reflejo.
2. Retinoscopia Nott. Este es el método que vamos a usar y se explica con más detalle en el apartado de realización de las pruebas. De manera breve consiste en situar un test sobre el foróptero a 40cm y se observa el reflejo retinoscópico mientras el paciente observa el test de manera binocular. El examinador se aleja o se acerca al paciente hasta el punto en el que neutraliza las sombras.
3. Cilindros cruzados fusionados. El paciente observa de manera binocular un test a 40cm en forma de cruz formado por varias líneas verticales y horizontales en el foróptero. Se le interponen delante de cada ojo los cilindros cruzados de  $\pm 0,50D$  con el eje negativo en vertical. Si la respuesta acomodativa del paciente coincide con el estímulo referirá ver igual de borrosas las líneas verticales que las horizontales. Si existe un retraso acomodativo, percibirá más nítidas o contrastadas las líneas horizontales; en esta situación se introducen lentes esféricas positivas hasta conseguir la igualdad. En el caso de un adelanto de la acomodación, el paciente percibirá más nítidas las líneas verticales y deberán introducirse lentes esféricas negativas hasta lograr la igualdad. El valor dióptrico de las lentes interpuestas se corresponde con el retraso o adelanto acomodativo (Montés-Micó y cols., 2011).

El valor normal esperado de respuesta acomodativa según la retinoscopia Nott es de +0,25 a +0,75D (Martín y Vecilla 2010).

Una hipo-acomodación o una hiper-acomodación respecto al plano objeto es una causa frecuente de astenopia (Pellizzer y Siderov, 1998).

Una baja respuesta acomodativa, es decir un retraso acomodativo mayor o igual a +1,00 D, principalmente se asocia a hipermetropía o presbicia sin compensar o hipocompensada, a insuficiencia de acomodación o a una endoforia en cerca. Sin embargo, un error acomodativo, menor o igual a 0,00 D, podría estar asociado a hipermetropía latente, a exceso de acomodación (pseudomiopía), a espasmo acomodativo o a exoforia en cerca (Elliot, 2003; Saladin, 2006).

Así mismo, una diferencia significativa entre la RA de AO puede indicar la presencia de un desequilibrio refractivo y/o acomodativo (Saladin, 2006).

Lag	Interpretación	Datos complementarios
Normal (+0.25 a +0.75D)	Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ac, foria, vergencias y Rx normal</li> </ul>
Elevado (Lag > +1.00D)	Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ac, foria, vergencias y Rx normal</li> </ul>
	Disfunción acomodativa (insuficiencia, Ac mal sostenida, paresia o parálisis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foria, vergencias y Rx normal</li> </ul>
	Hipermetropía (latente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplitud de Ac reducida</li> <li>• Rx con cicloplejía</li> <li>• Foria y vergencias normal</li> </ul>
	Disfunción de vergencias (endoforia, divergencia insuficiente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ac y Rx normal</li> <li>• Endoforia, divergencia reducida</li> </ul>
	Hipercorrección negativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rx hipercorrección negativa (hipoacomodación positiva)</li> <li>• Endoforia y divergencia reducida</li> <li>• Amplitud de Ac (con Rx) reducida</li> </ul>
Reducido (Lag < +0.25D)	Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ac, foria, vergencias y Rx normal</li> </ul>
	Disfunción acomodativa (exceso o espasmo Ac)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rx miópica (pseudomiopía)</li> <li>• Ac variable según el caso</li> <li>• Endoforia y divergencia reducida</li> </ul>
	Disfunción de vergencias (exoforia, convergencia insuficiente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ac y Rx normal</li> <li>• Exoforia y convergencia reducida</li> </ul>
	Hipercorrección positiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rx hipercorrección positiva y baja AV</li> <li>• Ac, mayor de la esperada por edad</li> <li>• Exoforia</li> </ul>

Ac: acomodación; Rx: refracción subjetiva de lejos

Tabla 3. Interpretación clínica del retraso de acomodación (Martín y Vecilla, 2010).

### Acomodación relativa

La acomodación relativa hace referencia a la cantidad de acomodación que el sujeto es capaz de relajar (ARN) o de estimular (ARP) manteniendo fijo el nivel de convergencia necesario para fijar un estímulo situado a 40 cm (Antona, 2010).

Para saber si los valores obtenidos de ARN y ARP están dentro de unos valores normales, Morgan (1944) realizó mediciones de ARN y ARP en 800 sujetos cuyas amplitudes de acomodación era de 5,00D o más. Obtuvo que el valor medio para el ARP para una distancia de 40cm era  $-2,37 \pm 1,12D$  y para el ARN de  $+2,00 \pm 0,50D$  (Goss y Zhai, 1994).

	Valores esperados	DE
ARN	+2,00 D	$\pm 0,50$
ARP	-2,25 D	$\pm 1,00D$

Tabla 4. Valores normales para ARN y ARP (Martín y Vecilla, 2010).

Unos valores bajos de acomodación relativa pueden ser indicativo de un problema acomodativo y/o de vergencias. Una ARP baja puede representar una mala capacidad para estimular la acomodación o puede encontrarse en pacientes con endoforia o con baja vergencia fusional negativa. Una baja ARN puede estar asociada a una baja capacidad para relajar la acomodación, a exoforia o a vergencia fusional positiva reducida (Goss, 1995). Una ARN mayor a +2,75 D podría estar asociada a una hipermetropía hipocompensada o a una miopía hipercompensada (Saladin, 2006).

### Relación acomodación-convergencia (AC/A)

La convergencia acomodativa por unidad de acomodación (relación AC/A) se define como la cantidad de vergencia acomodativa que se puede estimular o inhibir por unidad de acomodación (Manny y Fern, 1997).

Dicho valor es característico y casi constante con la edad en el sistema visual de cada individuo, siendo de utilidad para determinar el cambio producido en la convergencia acomodativa cuando el paciente varía su acomodación en una determinada cantidad (Montés-Micó y cols.,2011).

Esta relación tiene una gran importancia clínica ya que se requiere su correcto equilibrio para mantener una buena visión binocular. La medida del AC/A se utiliza en numerosos protocolos tanto para la clasificación y diferenciación de problemas binoculares como para la elección de su tratamiento (Martín y Vecilla, 2010).

Existen dos métodos para determinar el cociente AC/A: el método calculado y el método del gradiente.

$$AC/A \text{ calculado} = DIP \text{ (cm)} + \frac{\text{Foria de cerca} - \text{Foria de lejos}}{D}$$

D = estímulo de acomodación en dioptrías.

Nota: se considera la exoforia con signo negativo y la endoforia con signo positivo.

La determinación del AC/A mediante el método del gradiente probablemente es el método más usado en la clínica. Se basa en la idea de que al relajar (o estimular) una cantidad conocida de acomodación se provocará un cambio en la convergencia y por consiguiente también en la foria. La relajación de la acomodación mediante lentes positivas induce exoforia mientras que su estimulación con lentes negativas inducirá endoforia (Martín y Vecilla, 2010).

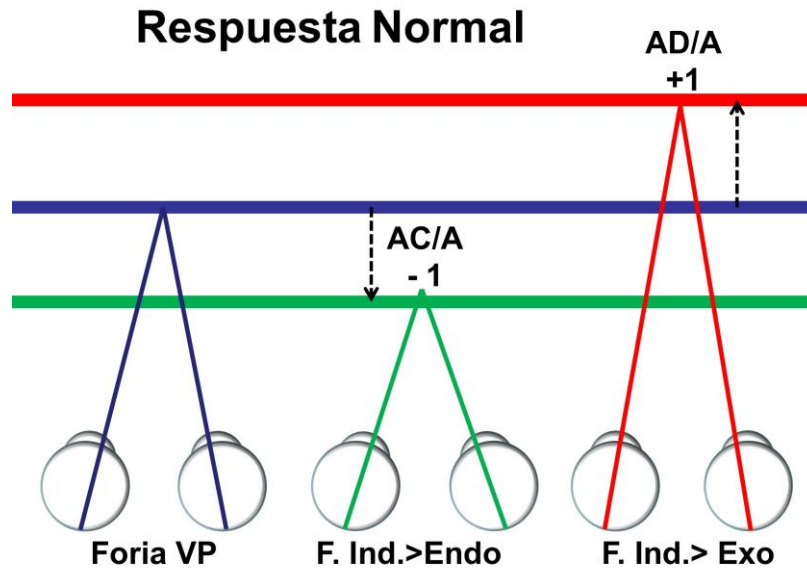


Figura 5. Cambios dinámicos en la vergencia por la respuesta acomodativa (Gené, 2016).

Montés-Micó y cols., (2011) nos indican que primero se realiza midiendo la heteroforia de cerca del paciente y repitiendo nuevamente este examen a través de una adición esférica de -1,00D, de forma que quedaría:

$$AC/A \text{ gradiente} = \frac{\text{Variación en la magnitud de la foria}}{\text{Variación esférica}}$$

En este caso se determina la variación de la convergencia acomodativa mientras se mantiene constante el estímulo de vergencia (Montés-Micó y cols., 2011).

La relación AC/A esperada según el método del gradiente sería de  $4/1 \pm 2 \Delta/D$  (Morgan, 1944).

## Clasificación de las anomalías acomodativas

En general, las disfunciones acomodativas, son trastornos visuales que pueden afectar a la binocularidad y al rendimiento visual del sujeto, especialmente en tareas que requieran la visión cercana. Ocurren cuando el sistema visual es incapaz de tener una adecuada respuesta acomodativa. Como consecuencia del esfuerzo en visión próxima de forma prolongada, el sistema visual puede sufrir una pérdida de eficacia que dificulte su actividad normal (Carbonell, 2014).

A lo largo de los años se han propuesto distintas clasificaciones de las disfunciones acomodativas desde la primera realizada por Duane en 1915 hasta una más reciente descrita por Grosvenor en 2002.

En la siguiente tabla podemos observar las diferentes disfunciones acomodativas descritas por cada uno de los autores.

	Duane (1915)	Scheiman y Wick (1994)	Rutstein y Daum (1998)	Grosvenor (2002)
Insuficiencia Ac	Sí	Sí	Sí	Sí
Ac mal sostenida	Sí	Subtipo IA	Sí	No descrito
Fatiga Ac	Sí	No descrito	Sí	Sí
Exceso Ac	Sí	Sí	No descrito	No descrito
Espasmo de Ac	No descrito	No descrito	Sí	Sí
Ac Desigual	Sí	Subtipo IA	Sí	No descrito
Parálisis	Sí	Subtipo IA	Sí	Sí
Inflexibilidad	No descrito	Sí	No descrito	Sí

Ac: acomodación; IA: insuficiencia de acomodación

Tabla 5. Clasificaciones de las disfunciones acomodativas propuestas por diferentes autores (Martín y Vecilla, 2010).

La clasificación en la que voy a basarme es en la de Scheiman y Wick (1994) ya que en general cuando hablamos de un problema acomodativo nos solemos referir a Insuficiencia de acomodación, Exceso de acomodación e Inflexibilidad de acomodación, por lo que esta clasificación propuesta me parece la más adecuada.

### Insuficiencia acomodativa

La insuficiencia acomodativa es una condición en la que el paciente tiene dificultad para estimular su acomodación. Se caracteriza por presentar una amplitud de acomodación inferior al valor esperado en función de la edad del paciente (Martín y Vecilla, 2010).



Signos que presentan (García y cols., 2002):

1.	Reducción de la AA, menor de la esperado para su edad. AA <2,00D norma según la fórmula de Hofstetter
2.	FAM falla con -2,00D: 6cpm
3.	FAB falla con -2,00D: 3cpm
4.	MEM alto: >+0,75D
5.	ARP bajo: ≤-1,25D

Necesidad de presentar los signos 1 y 2, y dos de los signos complementarios (3-5).

Aunque la insuficiencia acomodativa puede ser asintomática, las quejas más comunes siempre se refieren a tareas realizadas en visión próxima y aparecen a los pocos minutos de lectura (10-15 minutos) (Martín y Vecilla, 2010).

Principales síntomas de la insuficiencia acomodativa (Martín y Vecilla, 2010; López y cols., 2014).

Diplopía	Movimiento de las letras
Cefaleas	Pérdida de la comprensión con el tiempo
Evita la lectura o tareas en VP	Problemas de lectura
Fatiga y somnolencia	Visión borrosa en VP
Fotofobia	Dificultad para pasar de lejos a cerca
<<Tensión ocular>>	Lagrimo

### 1.1 Acomodación mal sostenida

Es una insuficiencia acomodativa leve. La AA es normal, pero cualquier intento de utilizar los ojos para cerca durante un tiempo debilita el poder de acomodación. El punto próximo retrocede paulatinamente y la visión de cerca se hace borrosa. En general, se caracteriza por una disminución de las capacidades acomodativas según se va realizando las pruebas repetidas veces. Manifiesta una incapacidad de mantener una respuesta acomodativa (López y cols., 2014).

Signos que presentan (Scheiman y Wick, 1996; López y cols., 2014):

1.	AA normal la 1ª vez que se mide. La AA disminuye si se repite de 5 a 10 veces.
2.	ARP y ARN fuera de norma. ARP bajo siendo ARP < ARN.
3.	FAB falla con -2,00D a medida que se realiza el test (la eficacia disminuye con el tiempo)
4.	Lag alto
5.	Endoforia de cerca

Principales síntomas (Scheiman y Wick, 1996; López y cols., 2014).

Visión borrosa en VP	Incomodidad y tensión asociados a tareas en VP
Fatiga asociada a tareas en VP	Dificultades de concentración y atención al leer
Cefaleas	Fatiga y somnolencia
Sensación de escozor	Lagrimo
Fotofobia	

### 1.2 Parálisis acomodativa

La parálisis de acomodación es la pérdida de la capacidad acomodativa total (Martín y Vecilla, 2010) que puede ser unilateral o bilateral (López y cols., 2014) y normalmente se acompaña de alteraciones pupilares (Martín y Vecilla, 2010).

Signos que presenta (Martín y Vecilla, 2010):

Disminución de la AA
Midriasis pupilar
Alteración de la dinámica palpebral (pupila no reactiva por pérdida del reflejo pupilar directo y consensual del ojo afecto)
Estrabismo no concomitante (normalmente divergente)

Todos ellos ipsilaterales, es decir, de un solo ojo.

Los síntomas que podemos encontrar son (Martín y Vecilla, 2010; López y cols., 2014):

Gran borrosidad en VP
Gran esfuerzo acomodativo que lleva a la micropsia (percibir los objetos más pequeños de lo normal)
Fotofobia (debida a la midriasis pupilar)
Diplopía (por afectación del III par craneal)
Cefaleas

### 1.3 Acomodación desigual

Una acomodación se considera desigual cuando presenta una diferencia de AA entre AO superior a 2,00D. Presenta los mismos signos y síntomas que una insuficiencia de acomodación (López y cols., 2014).

### Exceso acomodativo

El exceso acomodativo es la condición por la cual es sujeto es incapaz de relajar la acomodación, especialmente tras estímulos continuos y sostenidos (López y cols., 2014).

Signos (Scheiman y Wick, 1996; López y cols., 2014):

AV de lejos reducida o variable
AA alta, 2D por encima de la norma
Refracción objetiva y subjetiva variable
RA alta (sobreacomodación: lag corto o neutro, incluso lead)
FAM y FAB fallan en +2,00D
↓ ARN, siendo $ARN < ARP$
PPC muy corto
Pupilas más mióticas de lo normal
Pseudomiopía

Síntomas que puede presentar (Scheiman y Wick, 1996; López y cols., 2014):

Astenopia en VP
Distancia de trabajo corta
Visión de lejos borrosa de forma intermitente
Cefaleas (especialmente tras trabajos en VP sostenidos)
Diplopía ocasional en lejos
Dificultad para pasar de cerca a lejos

La causa más probable es un exceso de adaptación de acomodación tónica. Conforme ésta va aumentando con el mantenimiento de la VP, va dando lugar a un posible exceso acomodativo, la acomodación refleja irá disminuyendo y, por tanto, se minimiza la relación AC/A (falseada ya que el AC/A es invariable) quedando desplazada con respecto a su norma (López y cols., 2014).

### Inflexibilidad acomodativa

La inflexibilidad acomodativa es una condición en la que el paciente experimenta dificultad al realizar cambios acomodativos (Martín y Vecilla, 2010; López y cols., 2014).

Se caracteriza por ser la única condición en la que la latencia y velocidad de la respuesta acomodativa son anormales (el tiempo normal suele rondar los 0.7 segundos) (López y cols., 2014) necesitando uno o más segundos para cambiar el enfoque de una distancia a otra (Martín y Vecilla, 2010), aunque la amplitud de acomodación es buena y también es capaz de relajar la acomodación (López y cols., 2014).

Signos (López y cols., 2014):

- AA dentro de los límites normales
- FAM y FAB falla tanto con +2,00D como con -2,00D
- ARN y ARP bajos
- Postura acomodativa baja
- No admite positivos hasta terminar la terapia

Síntomas (López y cols., 2014):

- Dificultades para cambios de lejos a cerca y de cerca a lejos
- Astenopia asociada con las tareas de cerca\*
- Posible diplopía (se acerca mucho al papel)
- Cefaleas tras trabajos en cerca
- Dificultad en atención y concentración al leer
- Emborronamiento intermitente en lejos tras tareas de cerca\*

\* La astenopia y borrosidad aparecen después de un periodo de trabajo en VP relativamente corto (unos 15 minutos aproximadamente) (Martín y Vecilla, 2010).

La inflexibilidad acomodativa puede estar relacionada o contribuir al desarrollo de una exodesviación (López y cols., 2014).

Algunos han considerado esta inflexibilidad acomodativa como precursor de la miopía (Rutstein y cols., 1988).

La etiología de la inflexibilidad acomodativa es desconocida. Se ha asociado con esclerosis del cristalino avanzada, insuficiencia de acomodación y otras enfermedades sistémicas (diabetes, enfermedad de Graves, alcoholismo, etc.) y algunas alteraciones de la visión binocular como insuficiencia de convergencia (Martín y Vecilla, 2010).

Diagnóstico diferencial: es una condición benigna. Hay que diferenciarla de las demás anomalías acomodativas como la parálisis y el espasmo acomodativo (López y cols., 2014).

- |  |  |
|--|--|
| <p>➤ Parálisis (es una insuficiencia acomodativa)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ En la parálisis no se puede enfocar</li><li>○ Se ve turbio en cerca</li><li>○ La atropina no modifica la refracción</li><li>○ Existe micropsia</li><li>○ La visión mejora con lentes positivas</li></ul> | <p>➤ Espasmo acomodativo</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Hay un aumento de la refracción</li><li>○ Se ve turbio más allá de 20-30cm</li><li>○ La atropina disminuye la refracción</li><li>○ Existe macropsia</li><li>○ La visión mejora con lentes negativas</li></ul> |
|--|--|

## ANTECEDENTES DEL TEMA

A lo largo de los años se han hecho diversas investigaciones para estudiar las disfunciones acomodativas y su prevalencia en sujetos no présbitas dada la repercusión visual que conllevan.

Hokoda en 1985 llevó a cabo un estudio con 119 pacientes no présbitas de los cuales el 42,9% tenían trabajos con grandes exigencias de trabajo en cerca (principalmente eran secretarios/as y oficinistas) y el 39,5% eran estudiantes. La prevalencia de las disfunciones binoculares sintomáticas en general fue del 21,0% siendo las disfunciones acomodativas las más comunes con una prevalencia del 16,8%, seguido de esoforia con un 5,9% y de insuficiencia de convergencia en el 4,2% de los casos.

Dentro de las disfunciones acomodativas, encontraron que un 9.2% del total de los pacientes tenían insuficiencia acomodativa, un 5.1% tenían inflexibilidad acomodativa y un 2.5% tenían espasmo acomodativo.

Posteriormente Porcar y Martínez-Palomera, en el año 1997 llevó a cabo un estudio con 65 estudiantes de 2º curso de universidad que cumplieran los siguientes requisitos:

1. Ausencia de error refractivo significativo sin corrección.
2. Ojos sanos.
3. Ausencia de estrabismos o ambliopía.

Como resultado del estudio obtuvo que un 32.3% presentaban disfunciones generales de la visión binocular. En el 10.8% de los casos presentaban exceso de acomodación, un 7.7% presentaba insuficiencia de convergencia con exceso de acomodación, un 6.2% presentaba insuficiencia acomodativa y un 1.5% presentaba exceso de convergencia con insuficiencia acomodativa.

Posteriormente, Montés-Micó en 2001 publicó un ensayo clínico que había realizado a lo largo de 1 año para determinar la prevalencia de las disfunciones generales de la visión binocular en una población no présbita. El ensayo clínico se llevó a cabo con 1679 pacientes de edades comprendidas entre 18 y 38 años.

Se encontró una alta prevalencia de las disfunciones binoculares: el 56.2% de los pacientes presentaban síntomas de disfunciones binoculares, un 61.4% presentaban trastornos acomodativos y un 38.6% trastornos en las vergencias. Siendo la insuficiencia de acomodación la más prevalente entre las personas con sintomatología (11.4%).

En el año 2010 se publicó un artículo llamado “¿Conocemos realmente la prevalencia de disfunciones binoculares no estrábicas y de acomodación?” en el cual Cacho y cols., determinaron la evidencia científica acerca de las anomalías acomodativas y binoculares no estrábicas. Para ello llevaron a cabo una revisión sistemática de estudios publicados entre 1986 y 2009, admitieron publicaciones relacionadas con la prevalencia en poblaciones pediátricas y adultas. Identificaron 660 artículos de los cuales 10 publicaciones cumplieron sus criterios de inclusión (7 estudios eran dedicados a niños y 3 a adultos). Como resultado obtuvieron que hay un amplio intervalo de

prevalencias, sobre todo para la insuficiencia acomodativa (2-61,7%) y la insuficiencia de convergencia (2,25-33%). Llegaron a la conclusión de que faltan estudios epidemiológicos adecuados acerca de la prevalencia de anomalías acomodativas y binoculares no estrábica ya que los estudios revisados examinan a pacientes consecutivos o seleccionados de ámbitos clínicos y escuelas, que en ningún caso están aleatorizados ni son representativos de sus poblaciones, y no hay datos para la población general. Las amplias divergencias en los valores de prevalencia existentes se deben tanto a la población de la muestra como a la falta de uniformidad en los criterios del diagnóstico, de modo que se hace difícil la recopilación de resultados. Los sesgos y las limitaciones de las investigaciones determinan que los valores de prevalencia ofrecidos sean únicamente estimaciones de las poblaciones seleccionadas.

Más recientemente encontramos en la tesis doctoral de Carbonell, 2014, un estudio de la prevalencia de las disfunciones acomodativas y binoculares en una población universitaria. Dicho estudio consistía en un examen optométrico que incluía todas las pruebas acomodativas y binoculares a 175 estudiantes universitarios con edades comprendidas entre 18 y 35 años. Como resultado obtuvo que el 18.3% presentaban algún tipo de disfunción binocular, el 8% presentaba alguna disfunción acomodativa y el 3.4% disfunciones acomodativas y binoculares simultáneamente. Siendo la disfunción más prevalente la insuficiencia de convergencia (8% del total), seguida del exceso de acomodación y del exceso de convergencia (6.9% en ambos casos). La inflexibilidad acomodativa estaba presente en el 1.1% de los casos. La insuficiencia de convergencia junto a insuficiencia de acomodación estaba presente en un 1.1% de los casos.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de este trabajo es realizar distintas pruebas acomodativas para medir, detectar y valorar las posibles alteraciones de la acomodación en un grupo de universitarios del Grado de Óptica y Optometría y del Grado de Farmacia de la Universidad de Sevilla y así estimar de forma aproximada la prevalencia de dichas disfunciones en universitarios en una época muy concreta (época de exámenes finales en Junio).

Los parámetros que deben ser evaluados para determinar clínicamente si existe o no una disfunción acomodativa son: amplitud de acomodación, respuesta acomodativa, flexibilidad acomodativa, respuesta acomodativa y la relación acomodación-convergencia.

Me centro en estudiantes universitarios porque frecuentemente demandan una atención prolongada en un espacio visual restringido (Gené, 2016) y el excesivo trabajo de cerca puede llegar a afectar la inervación del músculo ciliar, alterando la acomodación, y produciendo por tanto una anomalía en uno de los pilares de la visión (Gené, 2014). Además, en los estudios que he revisado para la realización de mi trabajo he podido apreciar el aumento de la prevalencia de las disfunciones acomodativas en estos últimos 10 años, probablemente consecuencia del aumento de la escolarización, del abuso del ordenador, teléfonos móviles, tablets, etc. con todo ello aumenta la demanda visual en visión próxima. Por eso me parece interesante iniciar un pequeño estudio de este tipo en una población susceptible de padecer este tipo de anomalías.

## METODOLOGÍA

### Características de la muestra

- Estudiantes universitarios no presbítas
- Edad comprendida entre 18 y 25 años

### Criterio de inclusión

- Presentar una AV mayor o igual a 0,8
- No presentar anisometropías superiores a 2,00D
- No presentar tropías
- No presentar nistagmus
- No presentar ambliopía
- No presentar antecedentes de ningún tipo de cirugía ocular

### Material e instrumentación

- ✚ Autorrefractómetro/Queratómetro URK-800
- ✚ Fronto automático Tomey TL-100
- ✚ Retinoscopio de franja Welch Allyn modelo 18245
- ✚ Foróptero manual MPH-100 + Optotipo de VP
- ✚ Flipper de +/- 2,00D. (Flipper abierto montado con lentes de +2,00D y -2,00D de la caja de pruebas de CIOM 232L)
- ✚ Tarjeta modificada de Thorington preparada para ser usada a 40cm

### Procedimiento experimental: realización de las pruebas

A la hora de escoger las pruebas clínicas para la evaluación de la acomodación me he basado en la tesis "Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular" Antona B. (2010) donde compara las distintas pruebas de medida y muestra cuál sería la prueba con mayor repetibilidad de todas ellas. Por repetibilidad se entiende la capacidad del método de medición para producir el mismo resultado (o uno estrechamente semejante) cada vez que se aplica el procedimiento en condiciones idénticas.

Seleccionamos sujetos para la realización del estudio (estudiantes universitarios) se citan con intervalos de una hora en los gabinetes de Optometría de la facultad de Farmacia.

Deben leer y cumplimentar un consentimiento informado que les ha sido explicado previamente.

A continuación, se realiza una anamnesis para luego proceder a realizar las pruebas visuales. Los resultados obtenidos en cada prueba se anotaban en una ficha de mediciones.

Se realizaba autorrefractometría y si usaban como compensación óptica de manera habitual gafas se medía la graduación con el frontofocómetro automático (si alcanzaban con su corrección una  $AV \geq 0.8$  es del valor del que partimos para realizar las pruebas en VP; en el caso de que el sujeto llevase lentes de contacto se le trata como a un sujeto emétrope).

Se toma la AV de manera monocular y binocular con/sin corrección según procediese, en VL y VP para ver si el sujeto alcanzaba una buena AV ( $AV \geq 0.8$ ).

Posteriormente procedemos a realizar las pruebas acomodativas en VP.

HABILIDAD ESTUDIADA	PRUEBA RECOMENDADA
Acomodación relativa	ARN/ARP con foróptero
Amplitud de acomodación	Lentes negativas
Retraso acomodativo	Retinoscopia Nott
Flexibilidad acomodativa	Flipper de $\pm 2,00$ D
Relación AC/A	Tarjeta modificada de Thorington para VP

#### Acomodación relativa

Procedimiento a realizar para su medición (Montés-Micó y Fernández, 2005):

1. El sujeto parte de su corrección en VL colocada en el foróptero.
2. Ajustamos la DIP para VP.
3. AO desocuidos, ya que el test se realiza de manera binocular.
4. La distancia del optotipo es de 40cm.
5. Comenzamos adicionando lentes positivas de +0,25 en +0,25 binocularmente hasta que refiera la primera borrosidad, pese a que aún pudiera leerlas.
6. Anotamos la cantidad de lentes positivas que hemos añadido.
7. Ocluimos AO del sujeto y regresamos quitando el positivo adicionado hasta el valor de prescripción en VL.
8. Añadimos lentes esféricas negativas de -0,25 en -0,25 binocularmente hasta que de nuevo refiera la primera borrosidad, en ese punto anotamos lo añadido en esférico negativo sobre la prescripción de partida en VL como el valor ARP.



## Amplitud de acomodación

Para su medición usaremos el método de las lentes negativas cuyo procedimiento sería el siguiente (Montés-Micó y Fernández, 2005):

1. El paciente lleva su compensación de lejos en el foróptero.
2. Colocamos el test para VP a 33cm con buena iluminación.
3. Primero mediremos de manera binocular. Le pedimos al paciente que se fije en las letras correspondientes a una AV = 0,8 el del optotipo.
4. Vamos a ir introduciendo de manera binocular lentes negativas esféricas en pasos de -0,25D dando unos segundos para que consiga aclarar el test, hasta que el paciente refiera borrosidad mantenida (ya no puede aclarar las letras del test).
5. Luego medimos de manera monocular. Primero el OD por lo que ocluimos el OI.
6. Pedimos al paciente que se fije en las letras correspondientes a una AV 0,8.
7. Vamos introduciendo lentes negativas en pasos de -0,25D dando unos 5 segundos para la obtención de claridad, hasta que el paciente refiera borrosidad mantenida.
8. El dato de la AA se calcula sumando la cantidad de negativos introducida en el foróptero sumando 2,50D.
9. Se repite la misma metodología para el otro ojo.

Nota: se acercó el test a 33cm en lugar de 40cm que es la norma, para intentar compensar, al menos en parte, la disminución de tamaño inducida por las lentes negativas mientras que su compensación continúa siendo 2,50 (Martín y Vecilla, 2010).

## Retraso acomodativo

Para la medición de la postura acomodativa usamos la técnica de la retinoscopia Nott que consiste en lo siguiente:

El sujeto con su corrección de lejos permanece sentado mientras fija un estímulo de cerca correspondiente a una AV=0.8 a 40cm sobre la regla graduada del foróptero.

Para que la prueba informara realmente de la RA el sujeto debía esforzarse en todo momento por ver nítidas las letras. Con el retinoscopio de franja analizamos las sombras del ojo, si a 40cm no era neutra se variaba la distancia de observación. Si las sombras iniciales eran inversas nos acercamos hacia el sujeto hasta observar la neutralización; si por el contrario las sombras eran directas nos alejamos del sujeto hasta observar la neutralización. Una vez neutralizada la sombra, anotamos la distancia. La inversa de la distancia de observación en el momento de ver sombras neutras (en metros) corresponde al retraso acomodativo, por lo que el error acomodativo se obtiene restando al estímulo de acomodación correspondiente a 40 cm (2,50 D) la respuesta acomodativa obtenida (Antona, 2010).

## Relación AC/A

Para la medida de la relación AC/A usaremos el método del gradiente.

### Equipo:

- Lente de Maddox horizontal roja del foróptero (RMH)
- linterna de luz puntual
- Tarjeta modificada de Thorington preparada para ser usada a 40cm

### Metodología:

1. El paciente porta su corrección en VP en el foróptero.
2. Le interponemos la lente de Maddox horizontal delante del OD para el cálculo de la foria horizontal en VP.
3. Sujetamos con una mano la tarjeta modificada de Thorington y encendemos la linterna de luz puntual que se coloca en el agujero central del centro de la escala gradada exactamente a 40cm.
4. Por un lado percibe el optotipo en su totalidad por el ojo que no lleva la lente de Maddox y por el otro el foco de luz puntual se transforma en una línea vertical ya que la lente de Maddox está colocada de manera horizontal (Montés-Micó y Fernández, 2005).
5. Pedimos al paciente que nos indique en qué número y posición (derecha o izquierda) está la línea de luz.
6. De manera binocular introducimos en el foróptero  $-1,00D$  (es decir si el paciente es emétrope introducimos lentes negativas hasta llegar a  $-1,00D$ ; si el paciente es hipermétrope le quitamos  $1,00D$  a su graduación y si es miope aumentamos su graduación en  $1,00D$ ) y le pedimos al paciente que nos indique en qué número y posición (derecha o izquierda) está la línea de luz.

## Flexibilidad acomodativa

Para su medición usaremos flippers de  $\pm 2,00 D$ . Primero mediremos de manera binocular y luego mediremos de manera monocular.

### Procedimiento en VP (Montés-Micó y Fernández, 2005):

1. Seleccionamos una línea de AV 0,8 situada a 40cm.
2. Mantenemos la iluminación ambiente alta.
3. Primero medimos de manera binocular interponiendo el flipper de  $\pm 2,00D$  y comenzando con las lentes positivas. Esperamos a que el sujeto nos refiera visión nítida y seguidamente volteamos el flipper a las lentes negativas y esperamos a que nos refiera de nuevo nitidez, esto constituye un ciclo. Anotamos los ciclos que es capaz de realizar en un minuto.
4. Luego pasamos a medir de manera monocular.

5. Se le ocluye el OI y se procede a interponer el flipper ( $\pm 2,00$  D) comenzando con la lente positiva, esperamos a que el sujeto nos refiera visión nítida y seguidamente volteamos el flipper a la lente negativa y esperamos a que nos refiera de nuevo nitidez, esto constituye un ciclo. Anotamos los resultados obtenidos.
6. Se procede igual con el otro ojo y se anotan los resultados en ciclos por minuto.

#### Tratamiento estadístico de los datos

Una vez obtenidos los datos de toda la muestra se procedió a su tratamiento estadístico. Para el análisis de los datos se utilizó el programa Excel 2016 de Microsoft Office.

Tras preparar las tablas con los valores recopilados de cada sujeto en las diferentes sesiones de medida se calculó el valor medio y la DE de cada una.

Posteriormente se realizó un gráfico para cada habilidad estudiada de manera que visualmente se pudiera detectar de forma rápida si el valor obtenido está dentro de la norma o no.

#### Revisión bibliográfica

Una parte de este trabajo consistía en una revisión bibliográfica para poder introducir el tema con anatomía ocular, historia del mecanismo de la acomodación, componentes y conceptos de la acomodación, clasificación de las disfunciones, y antecedentes del tema.

A la hora de realizar el apartado de la bibliografía me he encontrado con varios problemas. Uno de ellos era poner dos capítulos de un mismo libro con los mismos autores ya que no está contemplado en la recomendación bibliográfica del TFG, lo he solucionado poniendo las páginas iniciales y finales de cada capítulo seguidas de un guion y separándolos por una coma. Otro problema era la forma de referenciar un Curso ya que tampoco está contemplado y he solucionado poniendo:

Persona que impartió el curso. Título del curso. Entidad que auspicia el curso, Ciudad donde se impartió y el año.

Y el último era referenciar una tesis cuya posible publicación desconocía, que solucioné poniendo lo siguiente:

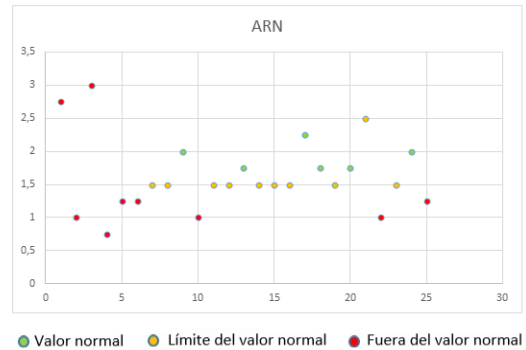
Autor. Título de la tesis. Año. Ciudad: Departamento de la Universidad, Universidad a la que pertenece. Enlace directo al documento.

## RESULTADOS

Para poder clasificar a cada sujeto según presenten insuficiencia de acomodación, inflexibilidad acomodativa, exceso acomodativo o no presentan disfunción acomodativa, se analizarán los resultados obtenidos en cada prueba realizada valorando finalmente el conjunto.

En las siguientes figuras se muestran las tablas con los valores obtenidos en la realización de cada prueba y su gráfica correspondiente.

	Género	ARN (D)		Género	ARN (D)
Sujeto 1	F	2,75	Sujeto 14	F	1,50
Sujeto 2	F	1,00	Sujeto 15	F	1,50
Sujeto 3	F	3,00	Sujeto 16	F	1,50
Sujeto 4	F	0,75	Sujeto 17	M	2,25
Sujeto 5	F	1,25	Sujeto 18	F	1,75
Sujeto 6	F	1,25	Sujeto 19	F	2,00
Sujeto 7	F	1,50	Sujeto 20	F	2,00
Sujeto 8	F	2,25	Sujeto 21	F	2,50
Sujeto 9	F	2,00	Sujeto 22	F	1,00
Sujeto 10	F	1,00	Sujeto 23	M	1,50
Sujeto 11	M	1,50	Sujeto 24	M	2,00
Sujeto 12	F	1,50	Sujeto 25	M	1,25
Sujeto 13	F	1,75			



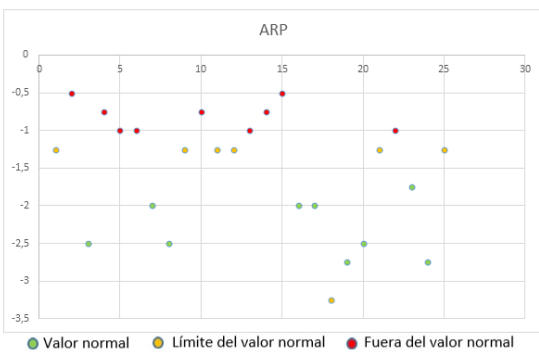
Media = 1,69D DE =  $\pm 0,56D$

Figura 5. Tabla de valores y gráfica del ARN.

En la gráfica de puntos está representado el nº del sujeto en el eje horizontal y el valor del ARN en el eje vertical.

Podemos observar que 6 (24%) de los sujetos tienen un ARN normal, 10 (40%) de los sujetos están en los valores límites de ARN y 9 (36%) de los sujetos presentan valores anormales de ARN.

	Género	ARP (D)		Género	ARP (D)
Sujeto 1	F	-1,25	Sujeto 14	F	-0,75
Sujeto 2	F	-0,50	Sujeto 15	F	-0,50
Sujeto 3	F	-2,50	Sujeto 16	F	-2,00
Sujeto 4	F	-0,75	Sujeto 17	M	-2,00
Sujeto 5	F	-1,00	Sujeto 18	F	-3,25
Sujeto 6	F	-1,00	Sujeto 19	F	-2,75
Sujeto 7	F	-2,00	Sujeto 20	F	-2,50
Sujeto 8	F	-2,50	Sujeto 21	F	-1,25
Sujeto 9	F	-1,25	Sujeto 22	F	-1,00
Sujeto 10	F	-0,75	Sujeto 23	M	-1,75
Sujeto 11	M	-1,25	Sujeto 24	M	-2,75
Sujeto 12	F	-1,20	Sujeto 25	M	-1,25
Sujeto 13	F	-1,00			



Media = -1,55D DE =  $\pm 0,79D$

Figura 6. Tabla de valores y gráfica del ARP.

En la gráfica de puntos está representado el nº del sujeto en el eje horizontal y el valor del ARP en el eje vertical.

Podemos observar que 9 (36%) de los sujetos tienen un ARN normal, 7 (28%) de los sujetos están en los valores límites de ARN y 9 (36%) de los sujetos presentan valores anormales de ARN.

Para analizar la AA binocular vamos a seleccionar a los sujetos en función de su edad ya que como hemos mencionado antes la AA disminuye con la edad.

	Género	AA (D)		Género	AA (D)
Sujeto 1	F	8,00	Sujeto 14	F	6,75
Sujeto 2	F	9,25	Sujeto 15	F	8,50
Sujeto 3	F	7,50	Sujeto 16	F	8,00
Sujeto 4	F	9,00	Sujeto 17	M	7,50
Sujeto 5	F	9,25	Sujeto 18	F	9,75
Sujeto 6	F	9,25	Sujeto 19	F	10,5
Sujeto 7	F	8,50	Sujeto 20	F	9,00
Sujeto 8	F	10,75	Sujeto 21	F	9,50
Sujeto 9	F	6,75	Sujeto 22	F	7,50
Sujeto 10	F	8,75	Sujeto 23	M	10,00
Sujeto 11	M	7,00	Sujeto 24	M	9,50
Sujeto 12	F	10,25	Sujeto 25	M	10,75
Sujeto 13	F	7,25			

#### AA MEDIA SEGÚN LA EDAD

19 años  
Media = 8,25D DE = ±1,41D

20 años  
Media = 7,87D DE = ±0,53D

21 años  
Media = 8,75D DE = ±1,06D

22 años  
Media = 9,00D DE = ±2,47D

23 años  
Media = 9,5D DE = ±0,00D

24 años  
Media = 8,50D DE = ±0,70D

Figura 7. Tabla de valores AA binocular junto a la media por edades.

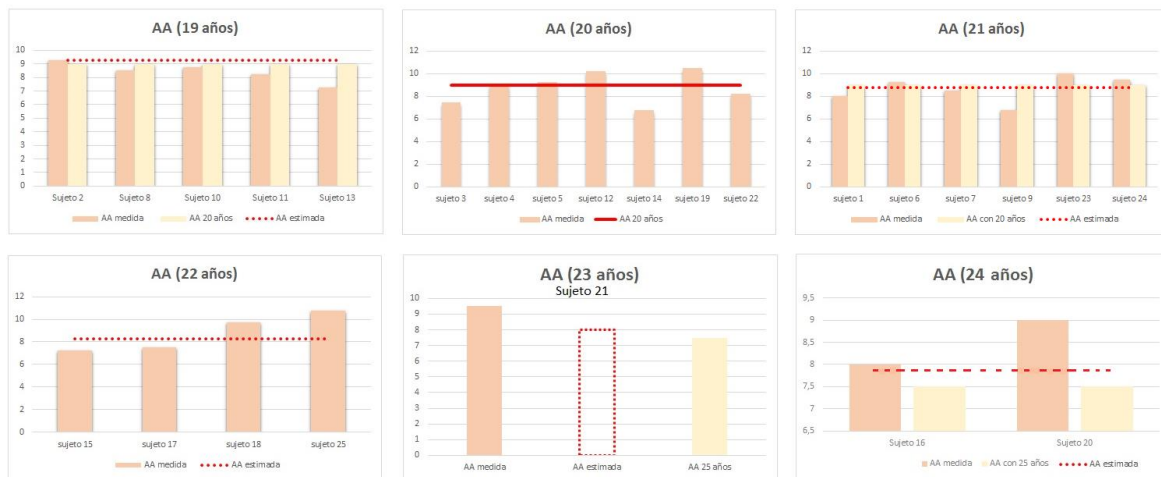


Figura 7. Gráfica de las AA según edad.

En cada gráfica está representada la AA medida de los sujetos, una AA aproximada correspondiente a su edad (a excepción de la AA para 20 años que tenemos el valor dado por Sheard) y una AA comparativa de 20 o 25 años, según esté más cerca de esa edad, que encontramos en la tabla de Sheard.

Para la AA de 19 años encontramos que, salvo un sujeto, los demás tienen unas AA dentro de la normalidad.

Para la AA de 20 años encontramos a un sujeto con una AA aumentada significativamente y otro con una AA disminuida significativamente, el resto se puede considerar dentro de la normalidad.

Para la AA de 21 años encontramos un sujeto con una AA aumentada significativamente y otro con una AA disminuida significativamente, el resto dentro de la normalidad.

Para la AA de 22 años encontramos un sujeto con una AA aumentada significativamente y el resto dentro de la normalidad.

Para la AA de 23 años tenemos únicamente un sujeto y tiene la AA superior a la esperada para su edad.

Para la AA de 24 años encontramos un sujeto con una AA aumentada significativamente y el otro está de la normalidad.

	Género	AA OD (D)	AA OI (D)		Género	AA OD (D)	AA OI (D)
Sujeto 1	F	10,00	11,25	Sujeto 14	F	10,75	10,25
Sujeto 2	F	9,25	9,25	Sujeto 15	F	8,25	10,50
Sujeto 3	F	10,25	9,75	Sujeto 16	F	6,50	7,00
Sujeto 4	F	11,25	12,75	Sujeto 17	M	7,25	8,50
Sujeto 5	F	11,25	10,25	Sujeto 18	F	10,75	10,50
Sujeto 6	F	13,50	16,25	Sujeto 19	F	11,50	11,50
Sujeto 7	F	6,25	7,25	Sujeto 20	F	9,00	9,75
Sujeto 8	F	9,25	10,25	Sujeto 21	F	10,25	9,50
Sujeto 9	F	8,25	7,25	Sujeto 22	F	7,25	8,25
Sujeto 10	F	9,50	11,25	Sujeto 23	M	9,75	11,75
Sujeto 11	M	6,75	7,75	Sujeto 24	M	14,75	16,00
Sujeto 12	F	14,00	17,75	Sujeto 25	M	9,50	10,5
Sujeto 13	F	8,00	9,00				

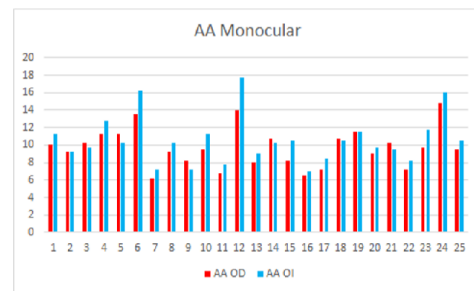


Figura 8. Tabla de valores y gráfica de las AA de cada ojo.

En el eje horizontal de la gráfica está representado el nº del sujeto y en el eje vertical la cantidad de AA de cada ojo por separado de tal forma que podemos apreciar a simple vista si existe alguna diferencia de AA en cada sujeto.

En general podemos ver que no hay diferencias significativas (>2,00D) de AA entre AO salvo 2 casos.

	Género	RA OD (D)	RA OI (D)		Género	RA OD (D)	RA OI (D)
Sujeto 1	F	1,07	1,07	Sujeto 14	F	0,83	0,83
Sujeto 2	F	0,28	0,28	Sujeto 15	F	0,68	0,68
Sujeto 3	F	0,32	0,5	Sujeto 16	F	0,28	0,28
Sujeto 4	F	0,83	0	Sujeto 17	M	1,25	0,5
Sujeto 5	F	0	0	Sujeto 18	F	1,45	1,45
Sujeto 6	F	0,83	0,83	Sujeto 19	F	0	0,5
Sujeto 7	F	-0,36	-0,36	Sujeto 20	F	0	0
Sujeto 8	F	0,83	0,83	Sujeto 21	F	0,4	0,4
Sujeto 9	F	0,75	0,75	Sujeto 22	F	0	0
Sujeto 10	F	0,68	0,68	Sujeto 23	M	0	0
Sujeto 11	M	0,68	0,68	Sujeto 24	M	0	0
Sujeto 12	F	0,5	0,5	Sujeto 25	M	0	0,28
Sujeto 13	F	0,75	0,75				

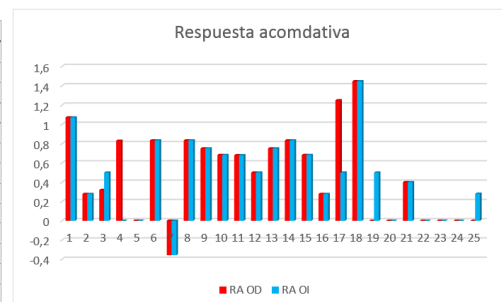


Figura 9. Tabla de valores y gráfica de las RA de cada ojo.

En el eje horizontal de la gráfica está representado el nº del sujeto y en el eje vertical el valor correspondiente a la respuesta acomodativa de cada ojo.

Salvo un Lead de acomodación, los sujetos presentan Lag de diferentes cuantías, considerando 5 en los valores límites, 7 con valores altos (de los cuales 2 son muy significativos), 6 como valores normales y 6 con valores bajos.

Los dos casos que presentan una diferencia de RA significativa, analizando sus fichas, podemos pensar que esa significativa diferencia se deba a una hipercorrección de miopía.

	Género	AC/A (Δ/D)		Género	AC/A (Δ/D)
Sujeto 1	F	4/1	Sujeto 14	F	4/1
Sujeto 2	F	5/1	Sujeto 15	F	2/1
Sujeto 3	F	2/1	Sujeto 16	F	2/1
Sujeto 4	F	6/1	Sujeto 17	M	1/1
Sujeto 5	F	6/1	Sujeto 18	F	2/1
Sujeto 6	F	2/1	Sujeto 19	F	3/1
Sujeto 7	F	2/1	Sujeto 20	F	2/1
Sujeto 8	F	1/1	Sujeto 21	F	3/1
Sujeto 9	F	3/1	Sujeto 22	F	3/1
Sujeto 10	F	5/1	Sujeto 23	M	1/1
Sujeto 11	M	2/1	Sujeto 24	M	4/1
Sujeto 12	F	3/1	Sujeto 25	M	3/1
Sujeto 13	F	3/1			

Media = 2,96/1 Δ/D DE = ±1,43 Δ/D

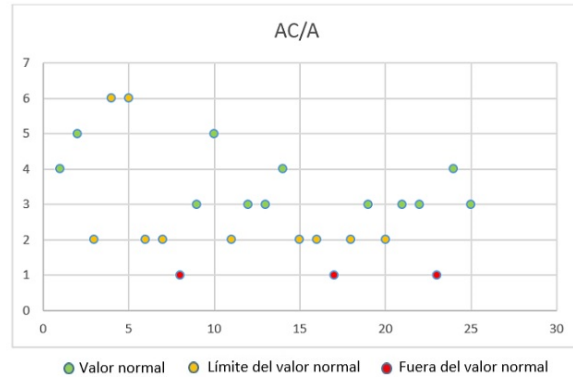


Figura 10. Tabla de valores y gráfica de la relación AC/A.

En el eje horizontal de la gráfica está representado el nº del sujeto y en el eje vertical el valor AC/A correspondiente.

Podemos observar que 12 (48%) de los sujetos tienen una relación AC/A normal, 10 (40%) de los sujetos tienen una relación AC/A que está justo en el límite de la DE del valor normal y 3 (12%) de los sujetos tienen una relación AC/A baja.

	Género	FAB (cpm)		Género	FAB (cpm)
Sujeto 1**	F	11	Sujeto 14	F	8
Sujeto 2*	F	10	Sujeto 15	F	8
Sujeto 3	F	5	Sujeto 16	F	7
Sujeto 4	F	7	Sujeto 17	M	7
Sujeto 5	F	11	Sujeto 18***	F	5
Sujeto 6***	F	14	Sujeto 19***	F	10
Sujeto 7***	F	10	Sujeto 20	F	9
Sujeto 8	F	6	Sujeto 21	F	18
Sujeto 9	F	7	Sujeto 22	F	10
Sujeto 10**	F	11	Sujeto 23	M	12
Sujeto 11	M	4	Sujeto 24	M	8
Sujeto 12	F	7	Sujeto 25	M	12
Sujeto 13	F	9			

\*Realiza la prueba de FAB a 30cm, \*\*a 20cm, \*\*\* a 15cm

Media = 8,50cpm DE = ±4,95 cpm

Nota: La media y la DE se han calculado teniendo en cuenta únicamente los datos de los sujetos que realizaron la prueba de manera estandarizada a 40cm

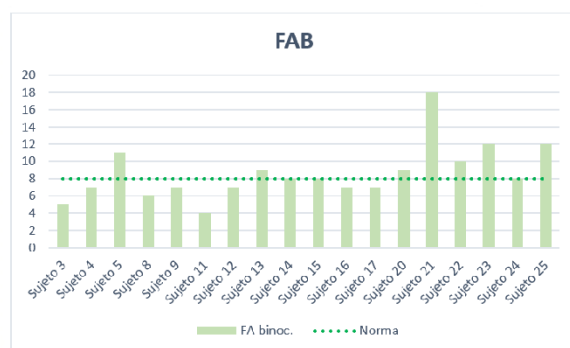


Figura 11. Tabla de valores y gráfica de la FAB.

Para el análisis de los resultados tanto de la FAB como de la FAM de AO se han eliminado de las gráficas los sujetos que no realizaron la prueba a 40cm ya que sus resultados no estarían bien representados. Se tendrá en cuenta que pudieron realizar las pruebas a una distancia más próxima que la de la norma y se valorará esa información obtenida junto con los resultados obtenidos en el resto de pruebas.

Podemos considerar que 12 de los sujetos tienen una buena FAB, 3 tiene incrementada la FAB y 10 tiene valores reducidos de FAB.

Analizando la FAM de AO podemos apreciar que en general las medidas de la gran mayoría concuerdan con las FAB, salvo 3 casos en los que se aprecian una FA monocular inferior a la binocular.

	Género	FA OD (cpm)	FA OI (cpm)		Género	FA O (cpm)	FA OI (cpm)
Sujeto 1**	F	13	12	Sujeto 14	F	7	6
Sujeto 2*	F	11	10	Sujeto 15	F	4	7
Sujeto 3	F	6	10	Sujeto 16	F	8	8
Sujeto 4	F	7	6	Sujeto 17	M	13	10
Sujeto 5	F	13	12	Sujeto 18***	F	8	6
Sujeto 6***	F	9	9	Sujeto 19***	F	20	16
Sujeto 7***	F	13	12	Sujeto 20	F	12	11
Sujeto 8	F	7	5,5	Sujeto 21	F	18	16
Sujeto 9	F	9	9	Sujeto 22	F	14	16
Sujeto 10**	F	14	14	Sujeto 23	M	20	19
Sujeto 11	M	13	13	Sujeto 24	M	12	12
Sujeto 12	F	7	9	Sujeto 25	M	16	14
Sujeto 13	F	12	17				

Media OD = 11,00 cpm      DE = ± 4,40 cpm      Media OI = 11,13 cpm      DE = ±4,05 cpm

Nota: La media y la DE se han calculado teniendo en cuenta únicamente los datos de los sujetos que realizaron la prueba de manera estandarizada a 40cm

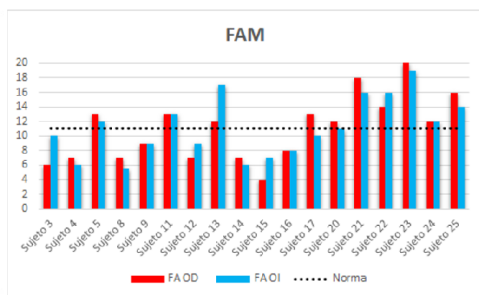
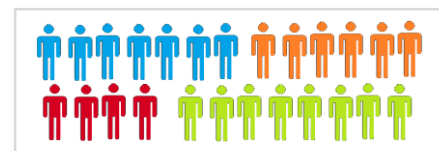
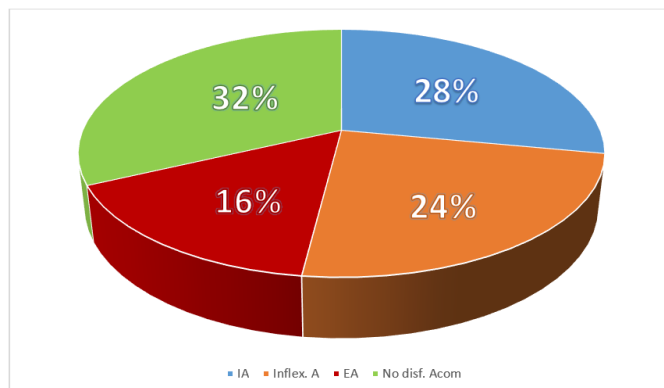


Figura 12. Tabla de valores y gráfica de la FAM de cada ojo.

## Prevalencia

En algunos casos, para clasificar a los sujetos en los diferentes grupos además de las gráficas anteriores, la información obtenida de la manera de realizar las FAB y FAM (distancia a la que realizó la prueba y si tenían dificultad para aclarar con lentes positivas o negativas) y la sintomatología que presentaban fueron de gran ayuda.

Los resultados de la prevalencia de las diferentes disfunciones encontradas en este estudio se observan en la siguiente gráfica.





## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que la prevalencia de las disfunciones acomodativas en la población universitaria en el periodo probablemente más crítico del curso, alcanza unos valores importantes desde un punto de vista clínico. Siendo la prevalencia de las disfunciones acomodativas de un 68%.

En cuanto a la sintomatología realizada a través de la anamnesis, se observa que de ese 68% de sujetos, un 47% tiene sintomatología relacionada con dicha disfunción y un 35.3% refiere cierta sintomatología. Hay un 11.7% de los sujetos que son asintomáticos, lo que da lugar a pensar que está compensando la disfunción con otra habilidad visual, que probablemente, sea de tipo vergencial.

En el caso de los sujetos que no presentan disfunción acomodativa (37.5%), y persiste cierta sintomatología nos hace pensar en la afectación de otra habilidad visual (de tipo vergencial).

Desde el principio se pensaba encontrar una gran prevalencia de disfunciones acomodativas dado a que el estudio se ha realizado con una muestra vulnerable en un periodo crítico. Aun así, los resultados no son definitivos dado el tamaño de la muestra.

En los estudios de prevalencia, lo deseado es disponer de una muestra poblacional mayor. En este sentido, algunos ejemplos de tamaños muestrales amplios relacionados con la prevalencia de algunas de las disfunciones acomodativas y binoculares son las investigaciones de Letourneau y cols., 1988 (2048 niños), Scheiman y cols., 1996 (2023 niños) y Shin y cols., 2009 (1031 niños). Sin embargo, en la literatura científica se encuentran otros estudios de prevalencia de estas disfunciones con un tamaño inferior, Hokoda y cols. 1985 (119 sujetos) o Porcar y cols. 1997 (65 estudiantes universitarios) (Carbonell, 2014).

## CONCLUSIÓN

Las conclusiones sacadas de este estudio son las siguientes:

1. La disfunción acomodativa más prevalente en la población universitaria, en un periodo crítico (exámenes finales de Junio), es la insuficiencia de acomodación (28%), seguida de la inflexibilidad acomodativa (24%) y finalmente el exceso acomodativo (16%).
2. Dentro de los sujetos con disfunciones acomodativas encontramos un alto porcentaje (82.35%) que presentan sintomatología.
3. Al haber estudiado únicamente la acomodación no se puede descartar que los sujetos puedan presentar otra anomalía visual ya que:
  - a. Un 17.65% de sujetos con disfunciones acomodativas son asintomáticos.
  - b. Un 37.5% de sujetos sin disfunciones acomodativas tienen sintomatología.
4. Se recomienda realizar un examen optométrico completo que incluya pruebas acomodativas y vergenciales en población susceptible de padecer alteraciones de este tipo.

## BIBLIOGRAFÍA

Antona B. Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2010.

Cacho P, García A, Ruiz MT. Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom.* 2010; 3(4):185-97.

Carbonell S. Prevalencia y sintomatología de las disfunciones acomodativas y binoculares en la población universitaria [tesis doctoral]. Alicante: Universidad de Alicante; 2014.

Ciuffreda KJ, Kruger PB. Dynamics of human voluntary accommodation. *Am J Optom Physiol Opt.* 1988; 65(5):365-70.

Ciuffreda KJ. Accommodation, the pupil, and presbyopia. In: Borish's Clinical refraction, 1st ed. Benjamin, W.J., Eds.; W.B. Saunders company: Philadelphia, 1998; 77-120.

Elliott DB. Clinical procedures in primary eye care. Edinburgh: Butterworth Heinemann; 2003.

Fincham EF. The accommodation Reflex and its stimulus. *Br J Ophthalmol.* 1951; 35(7):381-93.

García A, Cacho P, Lara F. Evaluating Relative Accommodations in General Binocular Dysfunctions. *Optom Vis Sci.* 2002; 79(12):779-87.

Gené, A. Como mejorar el examen optométrico: estudio de la binocularidad. Curso auspiciado por COOOA, Sevilla 2014

Gené, A. Manejo y tratamiento de las disfunciones binoculares y acomodativas. Curso auspiciado por COOOA, Málaga 2016.

Goss DA, Zhai H. Clinical and laboratory investigations of the relationship of accommodation and convergence function with refractive error. *Doc Ophthalmol.* 1994; 86(4): 349-80.

Goss DA. Ocular accommodation, convergence and fixation disparity: A manual of clinical analysis. 2ª ed. Boston: Butterworths-Heinemann; 1995:11-12, 70.

Heather AA, Hentz G, Glasser A, Stuebing K, Manny R. Minus-lens-simulated accommodative amplitude decreases sigmoidally with age: a study of objectively measured accommodative amplitudes from age 3. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008; 49(7):2919-26.

Hennessey D, Iosue RA, Rouse MW. Relation of symptoms to accommodative infacility of school-aged children. *Am J Optom Physiol Opt.* 1984; 61(3):177-83.

Hokoda SC, Ciuffreda KI. Theoretical and clinical importance of proximal vergence and accommodation. En: Schor CM, Ciuffreda KJ, editors. *Vergence eye movements: basic and clinical aspects.* Boston: Butterworth; 1983. p.75-97.

Hokoda SC. General binocular dysfunctions in an urban optometry clinic. *Am J Optom Assoc.* 1985; 56(7):560-2.

Hung GK, Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1996; 16(1):31-41.

López A. *Optimetría pediátrica.* Xátiva: Ulleye D.L; 2014. p.173-200.

Manny RE, Fern KD. Binocular Function. En: Zadnik C, editor. *The ocular examination Measurements and findings.* Filadelfia: Saunder Company; 1997. p.123-201.

Martín R. Vecilla G. *Manual de optometría.* Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010. p.77-92, 509-38.

Montés-Micó R, Fernández VA. *Optimetría: test preliminares, refracción y pruebas funcionales.* Murcia: DM; 2005. p.151-76.

Montés-Micó R, López N. *Optimetría: principios básicos y aplicación clínica.* Bacerlona: Elsevier; 2011. p.39-58.

Montés-Micó R, Cacho M, García A. *Optimetría: principios básicos y aplicación clínica.* Bacerlona: Elsevier; 2011. p.289-317.

Montés-Micó R. Prevalence of general dysfunction in binocular vision. *Annals of Ophtal.* 2001; 33(3):205-08.

Morgan M. The clinical aspects of accommodation and convergence. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 1944; 21(8):301-13.

Pellizzer S, Siderov J. Assessment of vergence facility in a sample of older adults with presbyopia. *Optom Vis Sci.* 1998; 75(11):817-21.

Porcar E, Martínez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optom Vis Sci.* 1997; 74(2):111-3.

Ritty JM, Solan HA, Cool SJ. Visual and sensory-motor functioning in the classroom: a preliminary report of ergonomics demands. *J Am Optom Assoc.* 1993; 64(4):238-44.

Rosenfield M, Ciuffreda KL, Ilung GK. The linearity of proximally-induced accommodation and vergence. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1991; 32(11):2985-91.

Rutstein RP, Daum KM, Amos JF. Accommodative spasm: a study of 17 cases. *J Am Optom Assoc.* 1988; 59(7):527-38.

Saladin JJ. Phorometry and Stereopsis. In: Benjamin WJ, ed. *Borish's clinical refraction.* St. Louis: Butterworth Heinemann Elsevier; 2006:899-960.

Scheiman M, Wick B. Tratamiento clínico de la vision binocular. *Disfunciones heterofóricas, acomodativas y oculomotoras.* Madrid: Cigami; 1996. p.34-81.

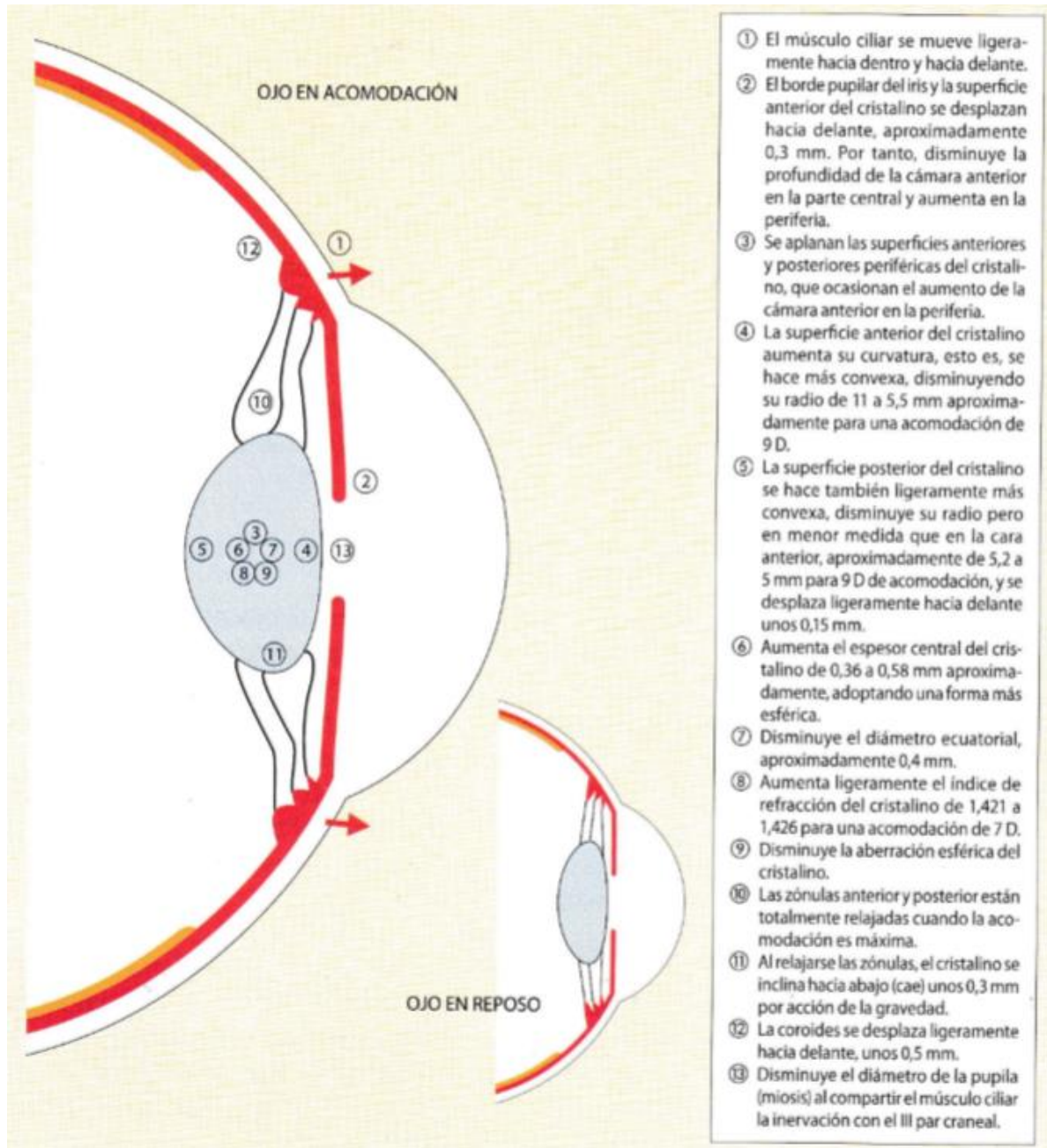
Strenk SA, Strenk LM, Koretz JF. The mechanism of presbyopia. *Prog Retin Eye Res.* 2005; 24(3):379-93.

Wahlberg M. *Accommodation - clinical and theoretical investigations.* Stockholm: Inst för klinisk neurovetenskap/Dept of Clinical Neuroscience; 2011.

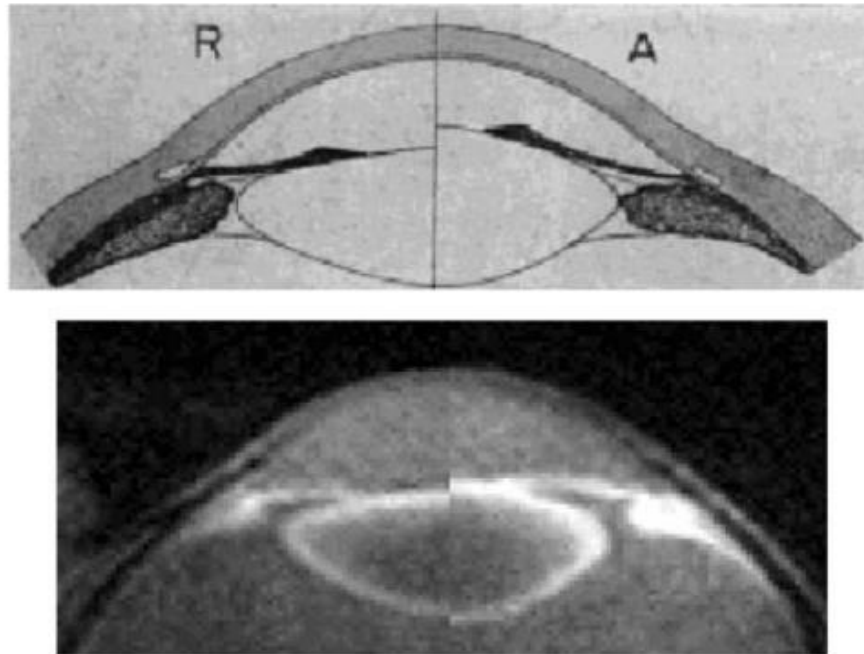
Zellers JA, Alpert TL, Rouse MW. A review of the literature and a normative study of accommodative facility. *J Am Optom Assoc.* 1984; 55(1):31-37.

## ANEXOS

Anexo 1. Cambios anatómicos del ojo durante la acomodación. Corte sagital y vista lateral del globo ocular (Martín y Vecilla, 2010).



Anexo II. Dibujo de Helmholtz demostrando su teoría de la acomodación en la parte superior y un compuesto de dos imágenes de resonancia magnética en la parte inferior. En ambos casos podemos observar en la mitad izquierda de la imagen el ojo relajado mientras que en la mitad derecha se aprecia un aumento del grosor del cristalino y disminución en el diámetro ecuatorial después de la contracción del músculo ciliar (Strenk y cols., 2005).



Nota: para obtener la imagen derecha de la MRI, el sujeto, un adulto joven, tenía que mirar un objeto cercano.