Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

"Efecto del uso de lentes de contacto en la evaporación de la película lagrimal"

Presentado por Uxue Barbera Arce

Tutelado por: Alberto López de la Rosa y Cristina Valencia Sandonís

Tipo de TFG: ☒ Revisión ☐ Investigación

En Valladolid a, 10 de abril de 2025

ÍNDICE

RESUMEN 3

ABSTRACT 3

1. INTRODUCCIÓN 4
 1.1. Hipótesis 5
 1.2. Objetivos 6

2. METODOS 7

3. RESULTADOS y DISCUSION 8
 4.1. Efecto del uso de LC en la evaporación de la PL 9
 4.2. Efecto del tipo de LC en la evaporación de la PL 12
 4.3. Evaporación de la PL en función de la incomodidad con LC 14

4. CONCLUSION 17

5. BIBLIOGRAFIA 18

RESUMEN:

Objetivos: Conocer si el uso de lentes de contacto (LC) afecta a la película lagrimal (PL) aumentando la evaporación de ésta y con ello la incomodidad ocular.

Métodos: Realización de una búsqueda bibliográfica a través de plataformas como PubMed o Google Scholar de estudios que hayan comprobado el efecto de las lentes de contacto en la evaporación de la PL. Para ello se han empleado las palabras clave “Tear film”, “Contact lens” y “Evaporation”.

Resultados: Se han recopilado 7 estudios desde 1982 hasta 2023 los cuales miden la tasa de evaporación con y sin LC a través de diferentes técnicas. Todos ellos han mostrado un incremento en la evaporación de la PL portando LC. Se muestra también un aumento de la incomodidad cuanto mayor sea la evaporación.

Conclusión: El uso de lentes de contacto afecta a la PL y con ello se produce un aumento de la tasa de evaporación lagrimal. Cuanto mayor sea la evaporación, mayor será la incomodidad experimentada.

ABSTRACT:

Purpose: To know if the use of contact lenses (CL) affects the tear film (TF), increasing tear film evaporation and thus ocular discomfort.

Methods: A literature search was carried out using platforms such as Pubmed or Google Scholar for studies that have proven the effect of contact lenses on TF evaporation. The keywords “Tear film”, “Contact lens” and “Evaporation” were used.

Results: Seven studies have been collected from 1982 to 2023 which measure the evaporation rate with and without CL through different techniques. All of them have shown an increase in TF evaporation while wearing contact lenses. They also show an increase in discomfort the higher the evaporation.

Conclusions: Wearing contact lenses affects the TF and with it comes an increase in the rate of tear evaporation. The greater the evaporation the greater the discomfort experienced.

1. INTRODUCCIÓN

La película lagrimal (PL) se trata de una capa preocular de estructura fluida, la cual cubre la superficie ocular y es responsable de la salud, el confort y la protección mecánica ambiental de ésta [1,2]. Tiene un espesor aproximado de 3 µm y volumen de 710 µL [1]. Su estabilidad se mantiene gracias al parpadeo y forma parte de diferentes fases a lo largo del ciclo lagrimal [3].

Además de ser la primera barrera de defensa del ojo contra el entorno externo, también actúa como la superficie más anterior de éste, contribuyendo a su función óptica como primer componente refractivo [3]. La cantidad, calidad y propiedades juegan un papel importante en la homeostasis y cualquier alteración puede influir en el rendimiento visual y por ende en la calidad visual del individuo [3].

Las funciones de la PL son esenciales para el mantenimiento de la salud ocular. Actúa como lubricante que permite el suave deslizamiento de los párpados sobre la superficie ocular, suministra oxígeno y nutrientes a la córnea, la cual, es avascular, y cubre pequeñas irregularidades de la misma asegurando una superficie óptica regular [1,2]. Además, cumple un papel vital en la integridad y transparencia del epitelio corneal, manteniéndolo constantemente húmedo. Otras de sus funciones son contribuir a la eliminación de residuos extraños, transportar agentes antimicrobianos y actuar como barrera atrapando partículas y polvo [2].

La película lagrimal está compuesta por una estructura trilaminar con tres capas: lipídica, acuosa y mucosa, aunque recientemente estas dos últimas capas se conciben como una única capa, la capa mucoacuosa [2].

La capa más superficial es la lipídica, con un espesor de entre 40 y 160 nm, que tiene como función principal reducir la evaporación de la lágrima y servir de primera barrera frente al entorno. Está formada por lípidos secretados por las glándulas de Meibomio que se extienden por encima de la capa mucoacuosa después de cada parpadeo [1].

La parte acuosa contiene proteínas, metabolitos, urea, sales inorgánicas, glucosa, oxígeno y electrolitos útiles para mantener la lubricación y protección de la superficie ocular contra patógenos, además de contribuir en la eliminación de residuos [1].

Finalmente, la parte mucosa está compuesta por glicoproteínas de alto peso molecular. Éstas son secretadas por células caliciformes ubicadas en el epitelio conjuntival, por células acinares de las glándulas lagrimales y por células corneales. La función de estas mucinas es estabilizar la capa mucoacuosa reduciendo la tensión superficial y mejorar tanto la humectabilidad como la lubricación de la superficie ocular. Además, forman estructuras con forma de gel que protegen contra patógenos y actúan como barrera atrapando microorganismos y desplazándolos hacia el conducto nasolagrimal con ayuda del parpadeo [1].

De la secreción lagrimal total se pierde aproximadamente entre el 10% y el 25% debido a la evaporación causada por las distintas situaciones externas como la humedad y el aire. Estas condiciones pueden reducir el tamaño de la película unas 0,1 µm cada 10 segundos entre un parpadeo y otro. Estudios han

demostrado que dicha tasa puede aumentar hasta casi el doble en sujetos que padecen anomalías en la superficie ocular [2].

En la actualidad, hay una gran cantidad de usuarios de lentes de contacto (LC), entre 140 y 150 millones de personas hacen uso de ellas [4]. Éstas permiten la corrección de errores refractivos, mejorando así la visión sin el uso de lentes oftálmicas [2].

Gran parte de estos usuarios las emplean sin ningún tipo de incomodidad durante grandes periodos de tiempo; esto en gran parte es debido a la función lagrimal. La PL debe cubrir de una forma completa y estable la superficie de las LC, formando una estructura trilaminar fluida muy parecida a la que se forma en la superficie ocular [2].

A pesar de ello, la introducción de unas LC en la superficie ocular puede alterar la estructura natural de la PL, afectando así a su fisiología. Por ello, con el tiempo, pueden producir cambios en la composición y producción de la lágrima, lo que hará que se reduzca su tolerancia [2].

La principal causa de la reducción del tiempo de uso o abandono completo de las LC es la incomodidad que pueden causar. Se ha estimado que, de los usuarios de LC, el 50% experimenta molestias y que por lo menos el 25% dejará de utilizarlas de forma permanente [4]. Esta incomodidad se ha definido como “una afección caracterizada por sensaciones oculares adversas episódicas o persistentes relacionadas con el uso de LC, ya sea con o sin alteración visual, que resulta de la compatibilidad reducida entre la LC y el entorno ocular, lo que puede conducir a una disminución del tiempo de uso y a una desconexión en la continuación de su uso” [6].

Se ha observado que el 43% de los usuarios asintomáticos muestran signos en la superficie ocular que pueden ser predisponentes a complicaciones. En la incomodidad pueden contribuir factores como el material de la lente, su diseño, la solución de cuidado que se utilice y la presencia de depósitos biológicos en la superficie. La sensación de molestia puede incrementar a su vez por una estabilidad de la PL reducida, un mayor movimiento de lente posterior al parpadeo, lentes de menor diámetro, diseños tóricos o multifocales, menores potencias y formas de borde poco redondeadas [2].

Las LC han tenido un impacto significativo en la oftalmología y, por lo tanto, a lo largo del tiempo han sido varios los autores que han estudiado si la interacción de las LC y la PL modifica su estructura y con ello la evaporación de ésta. Comprender esta relación ayuda a crear nuevas opciones para poder reducir los síntomas de incomodidad e inadaptación.

1.1. Hipótesis

El uso de lentes de contacto afecta a la película lagrimal, aumentando así la evaporación de la misma y la posibilidad de aparición de incomodidad ocular.

1.2. Objetivos

- Realizar una búsqueda bibliográfica detallada a través de plataformas como PubMed y Google Scholar, acerca de la evaporación lagrimal durante el uso de lentes de contacto.

- Comparar los estudios publicados hasta la fecha acerca de la evaporación de la película lagrimal con lentes de contacto.

2. METODOS

Se ha realizado una búsqueda de estudios que hayan comprobado el efecto de las lentes de contacto en la evaporación de la película lagrimal. Para ello se han analizado los resultados obtenidos en bases de datos como PubMed o Google Scholar al emplear las palabras clave “Tear film”, “Contact lens” y “Evaporation”.

La búsqueda se ha realizado en inglés para poder acceder a una cantidad más amplia de estudios. Se han analizado uno a uno los resultados de la búsqueda y seleccionado aquellos estudios útiles que permitieran realizar la revisión bibliográfica.

Además, cada uno de los estudios ha empleado un tipo de evaporímetro diferente; por lo tanto, la tasa de evaporación de la PL estaba expresada en diferentes unidades. Para facilitar la comprensión de esta revisión, se han transformado todos los resultados a las mismas unidades, de modo que se aportan todos los valores de evaporación en x10-7g/cm²/s. Se ha utilizado esta unidad debido a que es la más empleada por los autores a la hora de medir la evaporación, a pesar de que, muchos autores a lo largo del tiempo han empleado unidades como g/m²/h, mg/cm²/min o incluso µm/min.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Se han recopilado un total de 7 estudios (Tabla 1) publicados entre 1982 y 2023, en los que se investiga la evaporación de la PL bajo diferentes condiciones.

Tabla 1: Resumen de los artículos seleccionados, incluyendo autor, año de publicación, evaporímetro empleado y humedad relativa del ambiente en el momento de las mediciones.

Autor	Año	Evaporímetro	Humedad (%)
Kim YH et al. [7]	2023	Evaporímetro de flujo de Berkeley	40%
Siddireddy JS et al. [4]	2017	Evaporímetro modificado	No proporcionado
Guillon M et al. [8]	2008	Evaporímetro OHSU	40%
			30%
Alghamdi WM et al. [9]	2016	VaporMeter	45,5%
Thai LC et al. [10]	2004	Evaporímetro Servo-Med EP-3	No proporcionado
Cedarstaff TH et al. [11]	1983	Higrometría de resistencia	70%
Tomlinson A et al. [12]	1982	Higrometría de resistencia	70%

La humedad relativa del ambiente en tres de ellos (*Kim YH et al.* [7], *Guillon M et al.* [8], y *Alghamdi WM et al.* [9]) fue de entre 30-50%, mientras que en otros dos (*Cedarstaff TH et al.* [11], y *Tomlinson A et al.* [12]) fue más elevada, de un 70%. Sin embargo, no se conoce este dato en dos de los estudios (*Siddireddy JS et al.* [4], y *Thai LC et al.* [10]).

El tipo de LC utilizado en cada uno de ellos varía según el estudio, a pesar de que en la mayoría de ellos fueron utilizadas diferentes tipos de modalidades de LC hidrofílicas de uso diario o mensual, exceptuando el artículo publicado en 1982 (*Tomlinson A et al.* [12]) el cual también incluyó LC rígidas permeables al gas.

En todos los estudios se buscó obtener un valor de evaporación lagrimal lo más representativo posible de la PL. Para ello, fue necesario excluir la

evaporación provocada por la piel, lo cual se consiguió midiendo los valores de evaporación tanto con los ojos abiertos como cerrados, y calculando posteriormente la diferencia entre ambos valores.

El número de participantes varió notablemente entre las diferentes investigaciones, teniendo muestras de 5 participantes (*Cedarstaff TH et al.* [11] *y Tomlinson A et al.* [12]) hasta de 379 (*Guillon M et al.* [8]). Entre todos los estudios, han participado un total de 582 sujetos. En la mayoría de estos estudios [4,7,9-10] se aseguraron de que los sujetos que participaban no tuviesen ninguna enfermedad ocular ni sistémica que pudiese influir en los resultados.

3.1. Efecto del uso de LC en la evaporación de la PL

Los resultados de la medida de evaporación en los distintos estudios se encuentran resumidos en la Tabla 2. Además, también se proporciona el cambio en porcentajes al emplearse LC. Los valores que se aportan en la tabla son medias calculadas a partir de los resultados de cada artículo.

Tabla 2: Resumen de los valores de evaporación lagrimal con y sin lente de contacto (LC) en los diferentes estudios. Todos los valores ofrecidos se muestran en x 10-7g/cm²/s.

Autor	Sin LC	Con LC	Cambio
Kim YH et al. (2023) [7]	$33,2x10^{-7}$	$38,1x10^{-7}$	14,73%
Siddireddy JS et al. (2017) [4]	$22,7x10^{-7}$	$28,8x10^{-7}$	26,81%
Guillon M et al. (2008) [8]	$11,3x10^{-7}$	$18,9x10^{-7}$	67,25%
	$15,1x10^{-7}$	$23,5x10^{-7}$	55,62%
Alghamdi WM et al. (2016) [9]	$23,4x10^{-7}$	$28,7x10^{-7}$	22,38%
Thai LC et al. (2004) [10]	$10,8x10^{-7}$	$14,4x10^{-7}$	33,30%
Cedarstaff TH et al. (1983) [11]	$134,9x10^{-7}$	$191,7x10^{-7}$	42,10%
Tomlinson A et al. (1982) [12]	$109,4x10^{-7}$	$231,5x10^{-7}$	111,6%

Todos estos estudios muestran un incremento en la evaporación de la PL con el porte de LC, lo que nos indica que su uso afecta de algún modo a la estabilidad de la PL. En todos los casos, se observa un cambio mínimo de un 14% entre las condiciones con y sin LC.

Los estudios más actualizados (2004-2023 [4,7-10]) muestran valores más bajos de evaporación tanto con LC como sin ellas. Esto puede ser debido a varios factores, como el uso de diferentes tecnologías, diferentes protocolos de actuación; o la selección de pacientes diferentes.

Curiosamente, los dos estudios (1983-1982 [11-12]) que aportan valores mucho más elevados que el resto, emplean la higrometría de resistencia como técnica de medida de la evaporación, la cual mide la humedad detectando cambios del aire sobre el ojo mediante un sensor cuya resistencia eléctrica varía con las diferentes condiciones de humedad. Por lo tanto, se podría considerar que esta técnica puede estar sobreestimando los valores; de hecho, un estudio de Tomlinson y Cedarstaff [13] registró un aumento de la evaporación de hasta 100 veces mayor debido a un error en las unidades de medida al haber utilizado esta técnica.

También llama la atención que, a pesar de haberse utilizado la misma técnica de medida, el estudio más antiguo [12] muestre más del doble de cambio con y sin LC que el otro [11]. Hay que tener en cuenta que, además de ser las investigaciones más antiguas de todas, la muestra de sujetos explorados es mucho menor que en la mayoría del resto de estudios, lo que podría ofrecer resultados un tanto sesgados y que posiblemente aportasen más claridad con una muestra mayor.

La evaporación está altamente relacionada con la humedad relativa del ambiente. Una humedad ambiental alta indica que el aire contiene gran cantidad de vapor de agua, mientras que, si la humedad es baja, el aire no contiene apenas agua. De modo que los ambientes más húmedos tienen más limitación a la hora de capturar agua, mientras que en los ambientes secos la capacidad de absorción es mayor y, por lo tanto, la evaporación también [13].

Guillon M et al. [8] realizaron un estudio para poder conocer más a fondo la relación entre la humedad y la evaporación. Este estudio midió la tasa de evaporación con y sin LC en dos ambientes diferentes, el primero con una humedad del 30% y el segundo con una del 40%. En ambos ambientes, la tasa de evaporación fue mayor para los sujetos con LC, en concreto 56% y 67% mayor, respectivamente. A pesar de que en el primer ambiente el cambio con y sin LC es menor, la tasa de evaporación sí que es mucho mayor, lo que confirma que los espacios secos influyen de forma negativa en la estabilidad de la PL. De hecho, si comparamos a los sujetos con LC y sin ellas, se observa que los que más cambio experimentan son los no usuarios, teniendo un 22,3% de cambio entre ambientes, mientras que los portadores tienen un 17,3%, lo que indica que los más beneficiados por un aumento en la humedad ambiente son los no usuarios. Se podría concluir que los no portadores en ambientes del 30% tienen una evaporación parecida a los portadores en ambientes del 40%.

Sería relevante disponer también del valor de la humedad ambiental en los dos estudios restantes [4,10], para poder realizar una comparación más completa bajo diferentes condiciones.

Alghamdi WM et al. [9] analizaron la evaporación en 5 grupos diferentes de sujetos para saber si existía relación entre el tiempo que los sujetos llevaban siendo usuarios de LC o no. Se dividieron en no usuarios, usuarios (subdivididos en 3 grupos según los años de uso: 2 años, 5 años y 10 años) y antiguos usuarios. Los sujetos que nunca habían utilizado LC mostraron la tasa más baja de evaporación. Curiosamente, los sujetos que mayor evaporación mostraron fueron los usuarios que llevaban dos años de uso y no los de diez. Esto podría ser debido a una pérdida de la estabilidad lagrimal durante los primeros años de uso, seguido por una adaptación progresiva a las LC con los años de porte. A pesar de ello, el grupo de antiguos usuarios (aquellos que dejaron de usar LC al menos hace 2 años y que las usaron durante un mínimo de 4 años) no llegó a recuperar la tasa de evaporación del grupo que nunca había utilizado LC, por lo que los cambios en la PL provocados por las LC pueden no ser reversibles, o al menos no del todo.

Otro estudio (*Guillon M et al.* [8]) comparó tres grupos diferentes: usuarios con LC puestas, usuarios sin LC puestas y no usuarios. En este se mostró que, de nuevo, los portadores de LC tienen una tasa mucho mayor de evaporación y que, a pesar de no estar utilizándolas en el momento de la medición, los efectos no tienen una desaparición inmediata y, por lo tanto, no se consigue igualar la condición de los no usuarios.

En el estudio realizado por *Tomlinson A et al.* [12], la LC se colocó únicamente en uno de los ojos, aunque las mediciones se realizaron en ambos. No obstante, para el cálculo del valor medio de la evaporación lagrimal, solo se consideró el ojo en el que se había colocado la lente. Al analizar el ojo en el que no utilizo LC en ningún momento del estudio, se observa que también experimentó variaciones en la tasa de evaporación lagrimal. La media de evaporación de dicho ojo cuando ninguno de los dos portaba lente fue de 115,0 x10-7g/cm²/s. Sin embargo, al colocar una LC en el ojo contralateral y repetir la medición, la tasa de evaporación del ojo no portador aumentó hasta 150,3 x10-7g/cm²/s. Aunque ese valor no alcanza el registrado en el ojo con LC, es evidente un aumento en ambos ojos respecto a la condición en la que ambos estaban libres de lente. Esto sugiere que el uso de una LC, incluso si solo se coloca en uno de los ojos, puede influir en la tasa de evaporación lagrimal de ambos, aunque no de forma equivalente.

La existencia de diferentes condiciones entre los distintos estudios hace imposible la obtención de un valor medio general de evaporación con y sin LC, debido a la elevada variabilidad de los resultados. Ocurre lo mismo si queremos obtener el porcentaje promedio de aumento de evaporación que sufre la PL al portar LC, con una diferencia de 96,87% entre el menor [7] y el mayor [12] cambio.

Por lo tanto, el uso de LC es un factor que afecta a la estabilidad de la PL, provocando un aumento en la evaporación de esta en comparación con cuando los sujetos no las llevan puestas y que puede aumentar o disminuir más en relación con las condiciones ambientales. Además, el efecto negativo de las LC en la evaporación no cesa en el momento de su retirada, sino que puede mantenerse presente durante un tiempo.

3.2. Efecto del tipo de LC en la evaporación de la PL

Son varios los tipos de LC que existen en la actualidad y que pueden clasificarse en dos categorías principales: lentes hidrofílicas o rígidas. Las primeras tienen un porte más cómodo por su flexibilidad y alto contenido en agua, mientras que las segundas generan una mayor calidad visual, siendo permeables al gas, por lo que cada una es empleada para una necesidad concreta [14].

En la Tabla 3, se muestran los valores de evaporación obtenidos con diferentes tipos de LC, la mayoría de ellas de hidrogel convencional. Se quiere analizar el comportamiento de cada una de ellas y conocer si afectan de una forma diferente a la fisiología de la PL. Se muestra también el contenido en agua de cada LC, excluyendo las lentes rígidas que no contienen agua.

Tabla 3:Resumen de la tasa de evaporación según el tipo de lente de contacto (LC) y su contenido en agua (%H2O). La tasa de evaporación se muestra en las unidades g/cm²/s.

Autor	Evaporación sin LC	Tipo LC	%H_2O	Evaporación con LC
Thai LC et al. (2004) [10]	10,8 x10^{-7}	Polymacon	38	13,7 x10^{-7}
		Omalfilcon A	62	13,2 x10^{-7}
		Phemfilcon A	38	15,3 x10^{-7}
		Balafilcon A	36	14,8 x10^{-7}
		Etalfilcon A	58	15,1 x10^{-7}
Cedarstaff TH et al. (1983) [11]	134,9 x10^{-7}	Sauflon	70	151,2 x10^{-7}
		Cibasoft	55	178,4 x10^{-7}
		Cibasoft	38	192,4 x10^{-7}
Tomlinson A et al. (1982) [12]	109,4 x10^{-7}	PMMA	NA	236,2 x10^{-7}
		Paragon-18	NA	236,7 x10^{-7}
		Silsoft	NA	209,3 x10^{-7}
		Sauflon	70	192,4 x10^{-7}
		Cibasoft	38	282,8 x10^{-7}

NA: no aplicable.

Son analizados un total de 27 sujetos, 17 en el estudio de 2004 [10] y 5 tanto en 1983 [11] como en 1982 [12]. Todos los usuarios son portadores habituales de LC. Son 13 los tipos de materiales de LC que se analizan. Además, cabe destacar que dos de estos estudios [11-12] emplearon la higrometría de resistencia, técnica que sobreestima los valores en x100, mientras que el otro estudio [10] empleó un evaporímetro Servo-Med EP-3.

Cada una de las LC analizadas pertenece a una marca diferente. *Thai LC et al.* [10] emplearon 5 lentes diferentes de 4 marcas distintas: Polymacon (*Optima 38, Bausch & Lomb, Rochester, Estados Unidos*), Omafilcon A (*Proclear Compatibles, CooperVision, Pleasanton, Estados Unidos*), Phemfilcon A (*DuraSoft 2, Wesley Jessen, Des Plaines, Estados Unidos*), Balafilcon A (*PureVision, Bausch & Lomb, Rochester, Estados Unidos*) y Etafilcon A (*Acuvue, Vistakon – Johnson & Johnson Vision Care, Jacksonville, Estados Unidos*). Mientras que *Cedarstaff TH et al.* [11] utilizaron 3 lentes: Sauflon 70 (*CooperVision, Fareham, Reino Unido*) y Cibasoft 38 y 55 (*Alcon, Fort Worth, Estados Unidos*). Finalmente, *Tomlinson A et al.* [12] emplearon también las lentes Sauflon 70 y Cibasoft 38, además de Silsoft (Bausch & Lomb, Rochester, Estados Unidos) Paragon 18 (Paragon Vision Sciences, Mesa, Estados Unidos) y unas LC de PMMA.

Se puede observar nuevamente que todas las LC, independientemente de su material, generan una mayor evaporación de la PL, lo que nos indica que todas ellas tienen efectos negativos sobre la fisiología de la PL, que ya se había comprobado en el apartado anterior.

En cambio, la diferencia en la tasa de evaporación entre los diferentes tipos de materiales no es muy grande, pero sí que se puede observar en algunos casos. En los estudios de *Cedarstaff TH et al.* [11] y *Tomlinson A et al.* [12], se puede observar que las LC con un mayor contenido en agua, en ambos casos Sauflon 70%, muestran una menor tasa de evaporación, mientras que los que menor cantidad de agua contienen, de nuevo en ambos casos Cibasoft 30%, son los que mayores efectos negativos sufren teniendo una tasa mayor.

Por lo tanto, se podría decir que, cuanto mayor contenido en agua, una mayor evaporación se producirá en la lágrima, pero esto no es lo que se demuestra en el estudio de *Thai LC et al.* [10], donde el contenido en agua no aporta diferencias visibles en la evaporación. Si nos fijamos en la LC con mayor contenido en agua (Omalfilcon 62%) que tiene una tasa de $13{,}2 \times 10^{-7}$ g/cm²/s, y la comparamos con la que menor contenido tiene (Balafilcon 36%) y evaporación de $14{,}8 \times 10^{-7}$ g/cm²/s, sí que podríamos llegar a pensar que se cumple, pero si analizamos las lentes que quedan entre medias, por ejemplo, la Etalficon 58%, con una evaporación de $15{,}1 \times 10^{-7}$ g/cm²/s, nos encontraríamos con que, en este caso, no se cumple esta condición, siendo la tasa más elevada de todas, pero con menor contenido en agua que la Omalfilcon 62%. Lo mismo sucede con la Polymacon 38%, de evaporación $13{,}7 \times 10^{-7}$ g/cm²/s, que debería tener una tasa menor que la Balafilcon 36%, pero nuevamente no se cumple esa teoría.

Cedarstaff TH et al. [11] analizaron también la pérdida de agua que sufría cada una de las tres LC durante su porte, ya que sacar las lentes del vial, la colocación en la córnea y su uso general conlleva una pérdida de la hidratación de la lente. Esto se obtuvo midiendo su contenido en agua a través de la técnica de secado mediante papel absorbente nada más sacarlas del vial y también al

terminar de realizar las mediciones. La pérdida fue la siguiente: La Saulflon 70% tuvo una pérdida aproximada de 2,11 mg, Cibasoft 55% tuvo una pérdida de aproximadamente 1,03 mg y, finalmente, la pérdida de Cibasoft 38% fue de unos 0,81 mg. Por lo tanto, la lente Saulflon 70% fue la que mayor cantidad real de agua perdió, pero también hay que tener en cuenta que era la que mayor contenido en agua tenía y, en consecuencia, la que más puede perder. Por ello, la pérdida proporcional de agua es similar en todas ellas.

El resultado general sí que parece mostrar que cuanto mayor sea la pérdida de contenido en agua, menor es la evaporación provocada con las LC, pero si analizamos los resultados individuales de cada sujeto, no parecen mostrar que realmente las lentes con una mayor pérdida de cantidad de agua sean las que mayor evaporación tienen. Esto puede deberse a que haya otros factores, además del contenido en agua, que influyan en la evaporación lagrimal.

El aumento de la tasa de evaporación en las lentes rígidas no pareció ser muy diferente a la tasa de las hidrofílicas. Las dos lentes rígidas analizadas, PMMA y Paragon-18, mostraron una evaporación básicamente similar. La única lente de elastómero de silicona que se analizó (Silsoft) tampoco mostró valores dispares al resto [11].

Por lo tanto, en general, todas las lentes generaron una mayor evaporación lagrimal que sin ellas, pero las relaciones observadas con el tipo de lente y con la cantidad de agua (en el caso de las hidrofílicas) no fueron consistentes entre estudios.

3.3. Evaporación de la PL en función de la incomodidad con LC

El mayor motivo de abandono del uso de LC es la incomodidad generada por éstas [4]. Por ello, en la tabla 4, se muestran los resultados de dos de los estudios que tuvieron en cuenta si los participantes tenían síntomas o no de incomodidad con las LC.

En ambos estudios se realizó un cuestionario para categorizar a los sujetos en sintomáticos o asintomáticos, a pesar de no ser el mismo en ambos.

Tabla 4: Resumen de la tasa de evaporación de dos estudios dependiendo si los sujetos son sintomáticos o asintomáticos con sus lentes de contacto (LC). Las unidades de la tasa de evaporación se muestran en g/cm²/s.

Autor	Incomodidad	Sin LC	Con LC
Kim YH et al. (2023) [7]	Asintomáticos	$31{,}4 \cdot 10^{-7}$	$36{,}6 \cdot 10^{-7}$
	Sintomáticos	$35{,}1 \cdot 10^{-7}$	$39{,}7 \cdot 10^{-7}$
Siddireddy JS et al. (2017) [4]	Asintomáticos	$21{,}1 \cdot 10^{-7}$	$26{,}6 \cdot 10^{-7}$
	Sintomáticos	$24{,}4 \cdot 10^{-7}$	$31{,}1 \cdot 10^{-7}$

Kim YH et al. [7] emplearon el "Berkeley Dry Eye Flow Chart" (DEFC), que clasifica a los sujetos en 5 grupos dependiendo de la presencia de sequedad por uso de LC en la pasada semana, presencia de incomodidad al usar LC y la frecuencia en la que estos síntomas afectan a actividades de la vida diaria como leer o usar el ordenador. Por lo que, para saber el nivel de incomodidad, si obtenían una puntuación de 1 o 2, se les consideraría asintomáticos, mientras que, si la puntuación obtenida era de 4 o 5, serían sintomáticos. Se dejó fuera del estudio a los sujetos que obtenían una puntuación de 3. Quedaron un total de 21 asintomáticos y otros 21 sintomáticos [15].

Mientras que *Siddireddy JS et al.* [4] emplearon el cuestionario de ojo seco "Contact Lens Dry Eye Questionnaire" (CLDEQ-8), que es el más utilizado en la actualidad, consta de 8 preguntas con escala de calificación ordinal de 5 puntos para cuestiones de frecuencia e intensidad de incomodidad, sequedad y visión borrosa durante el uso de LC y la frecuencia con la que se quiere cerrar los ojos o extraerse las LC debido a la presencia de molestias. De modo que clasificaban a los que obtenían una puntuación mayor o igual a 13 como sintomáticos y si obtenían una menor como asintomáticos [15].

Tal y como se ha evidenciado previamente, en ambos estudios [4,7] los sujetos que habían utilizado LC presentaron un incremento más pronunciado de la evaporación de la PL.

Además, la tasa de evaporación lagrimal está relacionada directamente con los síntomas de incomodidad ocular, especialmente en los usuarios sintomáticos de LC. En ambos estudios [4,7] se reportó que los sujetos sintomáticos presentaban una evaporación más alta que los asintomáticos, tanto con lentes como sin ellas.

La diferencia de evaporación en el primer estudio [7] entre sintomáticos y asintomáticos al usar LC es de un 8%, mientras que en el segundo estudio [4] es de un 16%. En ambos casos, el aumento no es muy elevado. Se podría decir que los usuarios sintomáticos con LC tienen una evaporación similar, pero ligeramente superior, a los asintomáticos con LC.

Ambos estudios mostraron una relación inversa entre el espesor de la capa lipídica y la evaporación de la PL; a mayor espesor, menor evaporación. A su vez, los usuarios sintomáticos tendieron a mostrar capas lipídicas más delgadas, lo que podría ser la razón por la que experimentan una mayor incomodidad. *Siddireddy JS et al.* [4] observaron que en estos sujetos no solamente la capa lipídica era más reducida, sino que también se hallaban alteraciones en la calidad y secreción de los lípidos, lo que da una idea de que estos también son factores que pueden ser determinantes en la comodidad durante el uso de LC.

También cabe recalcar que, en ambos estudios [4,7], los usuarios estaban portando sus LC habituales, por lo que ninguno de estos sujetos sufría una intolerancia a las LC. Por lo tanto, si hubiese habido participantes que no usaban LC por su intolerancia, los resultados podrían haber mostrado una diferencia mucho mayor entre asintomáticos y sintomáticos. Esto indica, que posiblemente, sujetos que han abandonado el uso de LC muestran una evaporación mucho mayor de la que muestran en este caso los sujetos sintomáticos de los estudios, que sí siguen siendo usuarios de LC.

Por lo tanto, se puede observar que la evaporación de la PL está altamente relacionada con la incomodidad que sufren los usuarios de LC a la hora de emplearlas.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que el uso de LC provocan un incremento significativo en la evaporación de la PL, y, por lo tanto, afecta negativamente a ésta. Asimismo, las condiciones ambientales como la humedad relativa del ambiente también influyen directamente sobre el valor de la tasa de evaporación, siendo mayor cuanto mas seco sea el entorno.

Por otro lado, hoy en día no se conoce con exactitud si el uso de diferentes tipos y materiales de LC afectan de manera diferente entre sí a la evaporación de la PL.

Además, los efectos que las LC ejercen sobre la PL no son completamente reversibles. Incluso tras la retirada o abandono de su uso los cambios inducidos en la superficie ocular persisten durante un largo periodo de tiempo o incluso irreversibles.

También se ha observado que los sujetos sintomáticos, es decir, los que presentan incomodidad ocular, experimentan mayor evaporación de la PL tanto con LC como sin ellas, en comparación con los usuarios asintomáticos. También parece que el espesor de la capa lipídica guarda una estrecha relación con la comodidad en el uso de LC. Un menor grosor de esta podría contribuir a una mayor evaporación, y con ello, una menor tolerancia al porte de LC.

Finalmente, se considera fundamental promover estudios futuros que utilicen metodologías más actualizadas y avanzadas para evaluar con mayor precisión la evaporación lagrimal inducida por LC. Una mejor comprensión de este ámbito contribuirá a una mejor adaptación y comodidad del usuario, reduciendo así los abandonos provocados por el malestar ocular generado por LC.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Masoudi S. Biochemistry of human tear film: A review. Exp Eye Res. 2022 Jul;220:109101. doi: 10.1016/j.exer.2022.109101. Epub 2022 May 1. PMID: 35508212.

2. Guillon JP. Tear film structure of contact lens wearer a thesis submited for the degree of doctor of philosophy the city university. 1987.

3. Koh S, Tung CI, Inoue Y, Jhanji V. Effects of tear film dynamics on quality of vision. Br J Ophthalmol. 2018 Dec;102(12):1615-1620. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-312333. Epub 2018 Jun 15. PMID: 29907632.

4. Siddireddy JS, Vijay AK, Tan J, Willcox M. The eyelids and tear film in contact lens discomfort. Cont Lens Anterior Eye. 2018 Apr;41(2):144-153. doi: 10.1016/j.clae.2017.10.004. Epub 2017 Oct 18. PMID: 29054722.

5. Musgrave CSA, Fang F. Contact Lens Materials: A Materials Science Perspective. Materials (Basel). 2019 Jan 14;12(2):261. doi: 10.3390/ma12020261. PMID: 30646633; PMCID: PMC6356913.

6. Stapleton F, Bakkar M, Carnt N, Chalmers R, Vijay AK, Marasini S, Ng A, Tan J, Wagner H, Woods C, Wolffsohn JS. CLEAR - Contact lens complications. Cont Lens Anterior Eye. 2021 Apr;44(2):330-367. doi: 10.1016/j.clae.2021.02.010. Epub 2021 Mar 25. PMID: 33775382.

7. Kim YH, Graham AD, Li W, Dursch TJ, Peng CC, Radke CJ, Lin MC. Tear-film evaporation flux and its relationship to tear properties in symptomatic and asymptomatic soft-contact-lens wearers. Cont Lens Anterior Eye. 2023 Aug;46(4):101850. doi: 10.1016/j.clae.2023.101850. Epub 2023 May 1. PMID: 37137757.

8. Guillon M, Maissa C. Contact lens wear affects tear film evaporation. Eye Contact Lens. 2008 Nov;34(6):326-30. doi: 10.1097/ICL.0b013e31818c5d00. PMID: 18997542.

9. Alghamdi WM, Markoulli M, Holden BA, Papas EB. Impact of duration of contact lens wear on the structure and function of the meibomian glands. Ophthalmic Physiol Opt. 2016 Mar;36(2):120-31. doi: 10.1111/opo.12278. PMID: 26890701.

10. Thai LC, Tomlinson A, Doane MG. Effect of contact lens materials on tear physiology. Optom Vis Sci. 2004 Mar;81(3):194-204. doi: 10.1097/00006324-200403000-00012. PMID: 15017179.

11. Cedarstaff TH, Tomlinson A. A comparative study of tear evaporation rates and water content of soft contact lenses. Am J Optom Physiol Opt. 1983 Mar;60(3):167-74. doi: 10.1097/00006324-198303000-00004. PMID: 6846494.

12. Tomlinson A, Cedarstaff TH. Tear evaporation from the human eye: the effects of contact lens wear. Journal of the British Contact Lens Association. 1982 Oct;5(4):141-144,146-147. doi: 10.1016/S0141-7037(82)80012-8

13. Santos DE. Psicrometría HUMEDAD RELATIVA.

14. Musgrave CSA, Fang F. Contact Lens Materials: A Materials Science Perspective. Materials (Basel). 2019 Jan 14;12(2):261. doi: 10.3390/ma12020261. PMID: 30646633; PMCID: PMC6356913.

15. Graham AD, Lundgrin EL, Lin MC. The Berkeley Dry Eye Flow Chart: A fast, functional screening instrument for contact lens-induced dryness. PLoS One. 2018 Jan 24;13(1):e0190752. doi: 10.1371/journal.pone.0190752. PMID: 29364947; PMCID: PMC5783349.