

# Película lagrimal: estructura y funciones

Myriam Teresa Mayorga\*

## RESUMEN

Un vestigio de la evolución de las formas de vida acuática a la vida terrestre es el sistema lagrimal y su función principal es prevenir la sequedad del segmento anterior del ojo para permitir su funcionamiento en el medio ambiente terrestre. El producto de este sistema es la lágrima y ya en el siglo V a.C., Hipócrates reconocía su importancia. Esta fina película es muy versátil y tiene gran capacidad de adaptación a los cambios del entorno; sin embargo, cuando las condiciones son muy adversas, puede tornarse frágil y reducir su funcionalidad exponiendo al ojo a daños potenciales. La comprensión de la estructura de la película lagrimal es necesaria para diferenciar su funcionamiento normal del anómalo, lo que conllevaría a un diagnóstico más acertado de las altera-

ciones lagrimales. Se detallarán las partes correspondientes a los meniscos marginales de los párpados y la película lagrimal propiamente dicha, dada su importancia en la integridad corneal y ocular. El objetivo de esta revisión temática es describir diferentes teorías propuestas sobre la estructura y funciones de la película lagrimal, como base fundamental para el entendimiento de su desempeño clínico.

**Palabras clave:** estructura lagrimal, capa lipídica, fase muco-acuosa, funciones lagrimales.

\* Optómetra de la Universidad de La Salle. Especialista en Lentes de Contacto de la Universidad de La Salle. Estudiante de la Maestría en Ciencias de la Visión de la Universidad de La Salle. Docente Investigadora, Universidad de La Salle. mimayorga@unisalle.edu.co

Recibido: 14 de julio de 2008.

Aceptado: 4 de septiembre de 2008.

## TEAR FILM, STRUCTURE AND FUNCTION

### ABSTRACT

A vestige of the evolving forms of aquatic life to terrestrial life is the lacrimal system and its main function is to prevent dryness of the anterior segment of the eye to allow their operation in the Earth's environment. The product of this system is already in tears and the 5th century BC, Hippocrates recognized its importance. This thin film is very versatile and has great ability to adapt to the changing environment, but when conditions are adverse, it may become fragile and reduce its functionality exposing the eye to potential damage. Understanding the structure of

the tear film is necessary to differentiate its normal operation of the anomalous, which would lead to a more accurate diagnosis of the lacrimal alterations. It detailed the parties for the meniscus fringe of the eyelids and tear film itself, given its importance in the integrity and corneal eye. The objective of this thematic review is to describe different theories proposals on the structure and functions of the tear film, as the foundation for the understanding of their clinical performance.

**Keywords:** structure tear, fatty layer, Muco-aqueous phase, lacrimal functions.

## MORFOLOGÍA DEL MAR LAGRIMAL

La lágrima es el líquido formado por la secreción de las glándulas de la porción secretora del aparato lagrimal. Este contenido de líquido lagrimal es lo que constituye el mar lagrimal, cuyo volumen aproximado es de 7 a 10  $\mu\text{l}$ , con valor promedio de aproximadamente 7  $\mu\text{l}$  distribuidos así: 1  $\mu\text{l}$  en la película lagrimal; 3  $\mu\text{l}$  en los meniscos marginales de los párpados (1.5  $\mu\text{l}$  en cada uno); y 3  $\mu\text{l}$  en los fórnices debajo de los párpados (1.5  $\mu\text{l}$  en cada uno) (Doane *et ál.*, 1991; Gilbert 1990; Holly, 1981). El promedio del flujo lagrimal en humanos es de 1 a 2  $\mu\text{l}/\text{min.}$ , con una tasa de renovación del 16% del total del volumen por minuto (Mahmood *et ál.*, 1984; Tomlinson, 1992; Morris & Rogers, 2007).

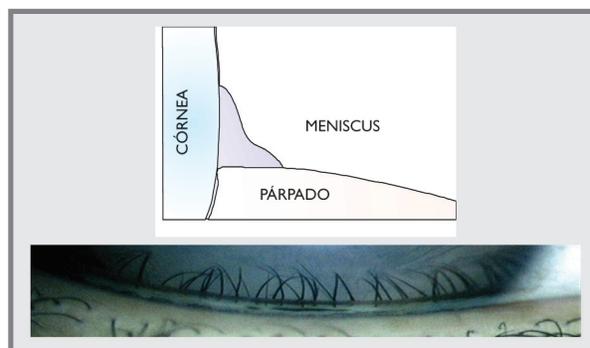
### MENISCOS LAGRIMALES - RÍOS LAGRIMALES

Existen uno superior y otro inferior que ocupan el espacio formado entre la superficie bulbar anterior y las márgenes palpebrales superior e inferior. Su extremo interno se confunde con el lago, y el extremo externo con la cisterna lagrimal. Las fuerzas fisicoquímicas que contribuyen a formar los mecanismos de los ríos lagrimales son:

1. El equilibrio entre las fuerzas de adhesión entre las moléculas del epitelio oculopalpebral y las moléculas de la lágrima, por una parte, y las fuerzas de cohesión entre las moléculas lagrimales, por otra.
2. La fuerza de la gravedad actúa positivamente para formar el río lagrimal inferior y negativamente para el superior.

La forma de cada río lagrimal es semejante a un prisma triangular cuyo eje sigue la misma curvatura de concavidad hacia atrás y hacia la pupila que el borde palpebral. La cara posterior se apoya sobre el bulbo ocular, la cara superior o inferior de los respectivos

ríos homónimos se apoya sobre el borde libre de sus correspondientes párpados y la cara anterior limita con el aire (figura 1). Estos ríos lagrimales son los que se denominan meniscos lagrimales y su evaluación es usada para determinar cualitativamente el volumen lagrimal residente.



**FIGURA 1. MENISCO LAGRIMAL (CORTESÍA KEELER®). EN LA PARTE SUPERIOR DE MANERA ESQUEMÁTICA; EN LA INFERIOR, DE MANERA REAL.**

Mischima *et ál.* (1966) calcularon el área de la sección anteroposterior del menisco en 0.05 mm y establecieron que 3/4 partes del volumen total están contenidos en los meniscos palpebrales. Terry (1984) determinó la altura del menisco lagrimal normal en 0.1 a 0.3 mm. Su volumen promedio es de 2 a 3  $\mu\text{l}$  (Holly, 1981); el 25% del volumen lagrimal expuesto está contenido en cada menisco lagrimal (50% los dos) (Tomlinson, 1992).

La estructura de la lágrima de cada río es básicamente oleosa, acuosa y mucinosa. Cuando se aumenta el volumen lagrimal, el río inferior se rebosa pero su borde inferior no sobrepasa las glándulas de Meibomio y se vuelve convexo. Si sobrepasa la barrera meibomiana y la presión hidrostática de la lágrima vence la presión de superficie, la lágrima llega hasta las pestañas y por la grasa de las glándulas de Zeis y Moll forma una nueva barrera hidrofóbica a la lágrima. Si la lágrima sobrepasa esta barrera, se derrama por la cara anterior de párpado inferior (Holly & Murube, 1981).

La zona de transición entre el menisco lagrimal y la película lagrimal presenta un adelgazamiento de líquido que aparece como una línea oscura cuando se tiñe con fluoresceína y se observa con luz azul cobalto. Esta línea se conoce como línea de McDonald y Brubacker, o línea negra, y se forma por gradientes de presión hidrostática; cuando gradientes de presión hidrostática finitas están presentes en el menisco, el flujo hidráulico en el río lagrimal es muy rápido; cuando el ojo se abre, el flujo Marangoni (flujo conducido por los gradientes de presión de superficie) efectuado por el lípido esparcido, vaciará el menisco hasta que la presión negativa causada por la curvatura cóncava de la superficie fluida del menisco sea descompensada. Adyacente al menisco seco se adelgaza la película lagrimal que restringe el flujo desde el menisco a la película lagrimal y viceversa. Esta línea también se forma en la película lagrimal junto al menisco que se forma alrededor de cuerpos extraños (Holly, 1981; Lupelli, 1988).

Las funciones de los ríos lagrimales son:

- Drenaje a los detritus y transportarlos hacia los puntos lagrimales.
- Reserva de lágrima para la película lagrimal.
- Conducto para el flujo hidráulico de la lágrima.

### PELÍCULA LAGRIMAL INTERPALPEBRAL PREBULBAR (PLIP O PL)

La PLIP o simplemente PL es la lágrima que cubre la parte expuesta del ojo. Se distingue una parte preconjuntival y otra precorneal, ésta última de mayor relación con los lentes de contacto. La superficie de la película lagrimal es de 1.5 a 2 cm<sup>2</sup> con ojo abierto; su volumen es de 1  $\mu$ l y su espesor máximo oscila entre 7 y 10  $\mu$ m para la porción precorneal y de 4  $\mu$ m para la preconjuntival, lográndose inmediatamente se abren los párpados y luego empieza a disminuir el

espesor; cuando llega a niveles críticos (4  $\mu$ m) sobreviene un nuevo parpadeo (Murube, 1981).

### ESTRUCTURA DE LA PELÍCULA LAGRIMAL

La película lagrimal no es una fase acuosa homogénea, sino estructurada en distintos estratos, más o menos paralelos a la superficie corneal y conjuntival (figura 2).



**FIGURA 2. COMPOSICIÓN DE LA PL. (CORTESÍA LAB. ALCON). SE DIFERENCIA LA CAPA OLEOSA SUPERFICIAL Y LA INTERFASE MUSCINOACUOSA CON CONCENTRACIONES MAYORES DE MUCINA HACIA EL EPITELIO CORNEAL.**

La película lagrimal es un ente dinámicamente cambiante con una compleja combinación de sus componentes, que se originan en diferentes partes de los párpados y del globo ocular (Doane, 1991). Conocemos actualmente mucho más acerca de su composición y algo sobre su metabolismo y su dinámica, pero aún especulamos acerca de su fina estructura (Holly, 2005).

Wolff (1949), fue el primero en establecer las bases de las concepciones actuales de la estructura de la película lagrimal al proponer tres capas discretas:

una anterior oleosa, la intermedia acuosa y la posterior mucosa (Stein, 1990). Estas capas tienen cada una su viscosidad y movimiento en diferentes direcciones que cambian con cada parpadeo, afectando su balance intrínseco (Morris & Rogers, 2007).

Holly (1988) sugiere que la película lagrimal solamente está formada por dos capas: una superficial lipídica y una acuosa glicoproteica que va aumentando su viscosidad hacia la superficie corneal en donde la película lagrimal llega a ser un sólido altamente hidratado. Para otros autores, esta capa glicoproteica hidratada forma el límite inferior de la película lagrimal en forma semisólida cubriendo las células del epitelio, así que esta capa debe considerarse parte del epitelio y no de la película lagrimal (Holly, 1981; Doane, 1991).

Tiffany (1988) propuso un modelo de la película lagrimal de 6 capas: una capa anterior oleosa, una capa lipídica polar, una capa mucosa adsorbida, una capa acuosa, una capa mucosa y el glicocálix que es un complejo mucopolisacárido de bajo peso molecular capaz de producir hidrofiliidad en el epitelio. Observaciones realizadas por Dilly (1985) demuestran que en el polo superior del epitelio corneal y conjuntival se encuentran numerosas vesículas intracelulares que avanzan hasta ponerse en contacto con la membrana celular para vaciar su filamentoso contenido o glicocálix sobre la superficie del epitelio; la doble membrana vacuolar llega a incorporarse dentro de la doble membrana celular y los filamentos del glicocálix se fijan en la membrana celular epitelial y en los microvellos; esta mucina –el glicocálix– está presente en todas las mucosas que están en contacto con un fluido biológico.

Algunos investigadores han encontrado que hay mucina disuelta en la fase acuosa, disminuyendo en concentración hacia la capa lipídica, y se sugiere un complejo mucino-acuoso (Liotet, 1987; Stein, 1990; Korb, 2002; Morris & Rogers 2007).

Para efectos descriptivos, se tomará el modelo propuesto por Wolff para la estructura de la película lagrimal.

### **Fase lipídica u oleosa:**

La fase oleosa de la película lagrimal es una película extremadamente fina (0.1  $\mu\text{m}$  de espesor) que se interpone entre la fase acuosa y el aire, constituyéndose en la capa anterior de la película lagrimal.

Procede mayoritariamente (y al parecer exclusivamente) de la secreción sebácea de las glándulas de Meibomio, puesto que se encuentra en discusión la participación de las glándulas de Zeis y de Moll. El espesor de la capa lipídica se hace mayor hacia la desembocadura de las glándulas de Meibomio, cerca a los bordes palpebrales (Wilson, 1991)

Es una mezcla de esteres cerosos, esteroides, colesterol, lípidos polares y ácidos grasos que se derriten a la temperatura ambiente. Algunas investigaciones han postulado que las hormonas andrógenas controlan directamente y en parte la producción meibomiana (Morris & Rogers 2007).

Está compuesta de dos fases: una delgada, interna y polar (hidrofílica) con cargas positivas y negativas, adyacente a la capa acuosa-mucinoso con propiedades surfactantes, y otra gruesa externa no polar (hidrofóbica) asociada tanto a la fase polar como con la interfase aire, con propiedades antievaporativas. Las características estructurales de la fase polar y la función de barrera de la no polar son un resultado directo de la composición específica de la capa (McCulley *et ál.*, 1997; Criag *et ál.*, 1997; Lozato *et ál.*, 2001; Bron *et ál.*, 2004; Nichols, 2004).

La fase lipídica produce series cromáticas interferenciales; la gama de colores varía según el espectro de la fuente de iluminación. Para que sea visible el espectro de colores interferenciales es necesario que la capa lipídica tenga un espesor de por lo menos la cuarta

parte de la longitud de onda de luz visible más corta (400 nm), es decir, un espesor mínimo de 100 nm; si se aumenta el espesor lipídico se observan mejor los patrones interferenciales (Murube, 1981).

### Funciones de la capa lipídica:

- Reducir la evaporación de la fase acuosa. Según Mishima *et ál.* (1965), en ausencia de la capa lipídica se aumenta la tasa de evaporación de 10 a 20 veces, pero según Iwata (1969) se aumenta solo en cuatro veces. Lozato *et ál.* (2001) encontraron que la capa lipídica disminuye en un 90% a 95% la evaporación lagrimal.
- Sustener la fase acuosa, gracias a que la tensión superficial lipídica ejerce presión sobre la fase acuosa y la mantiene. Al cerrarse los párpados, los ríos lagrimales son empujados hacia la hendidura palpebral y tenderían a derramarse si no fuese porque la fase lipídica se ha ido engrosando manteniendo una presión de película que impide el derramamiento. El efecto Marangoni colabora en esta función (Smolin, 1987). La capa lipídica disminuye un 25% la tensión superficial ayudando a estabilizar la película precorneal (Lozato *et ál.*, 2001).
- Los lípidos presentes en los orificios de las glándulas de Meibomio actúan como una barrera hidrofóbica, previniendo el desbordamiento de las lágrimas; las glándulas de Zeis y de Moll ayudan en esta función (Murube, 1981).
- Lubricar los párpados (Weil, 1985).

### Fase acuosa:

La capa acuosa de la película lagrimal es seromucosa, muy fluida y abundante, cubre la fase mucosa y es lo que se considera la lágrima por antonomasia. Es la capa intermedia de la película lagrimal y su espesor promedio es de  $7\mu$  (98% del total de la PL).

Está constituida fundamentalmente por la secreción de la glándula lagrimal principal y de las glándulas

lagrimales accesorias de Krause y Wolfring-Ciaccio. En la producción lagrimal básica o fundamental intervienen todas las glándulas lagrimales (principales y accesorias), en la lagrimación refleja participa solamente la glándula lagrimal principal.

Es una solución hipotónica compuesta de proteínas antibacteriales (lisozima y lactoferrina), albúmina, lipocalina, factor de crecimiento de fibroblastos, factor de crecimiento nervioso, inmunoglobulinas A, G, M, E y otras proteínas, glucosa, glucógeno, oxígeno, úrea y otras sales orgánicas que proveen de nutrientes a la cornea avascular. Los investigadores han encontrado que la glándula lagrimal secreta varias citoquinas, incluyendo interleukina 1, factor de necrosis tumoral, factor de crecimiento epidérmico y factor de crecimiento transformado beta-1, y opinan que estos componentes mantienen la homeostasis y promueven la salud de la superficie ocular (Nichols, 2005; Morris y Rogers, 2007). Posee además iones y moléculas incluyendo electrolitos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ ) e iones de hidrógeno.

Actualmente, se considera más un complejo mucoso que solamente la fase acuosa (Liotet, 1987; Stein, 1990; Korb, 2002; Morris & Rogers, 2007).

### Funciones de la capa acuosa:

Las funciones de la capa acuosa se consideran en general igual a las funciones de la película lagrimal. Las funciones principales de la película lagrimal son:

- Función óptica: la lágrima cumple una función refractiva proporcionando una superficie anterior perfectamente lisa al dioptrio ocular. El epitelio corneal es muy irregular, tanto por la forma de las células, uniones intercelulares, micropliegues y microvellos, como por la continua descamación que deposita células muertas sobre la córnea. La película lagrimal empareja las irregularidades epiteliales con un líquido con índice

de refracción similar al corneal y que por poseer tensión superficial alta proporciona al aire una superficie muy lisa y regular. Por la potencia dióptrica tan alta de la superficie anterior del ojo, cualquier irregularidad morfológica suya sería causa de astigmatismo irregular (Kinney, 1998; Murube, 1981; Stein, 1990).

- **Función metabólica:** la glucosa es la fuente principal de energía casi exclusivamente para el metabolismo corneal y estromal. La permeabilidad epitelial corneal a la glucosa es muy baja, casi 100 veces menor que la del endotelio corneal, por lo que se supone que la glucosa lagrimal poco influye en el metabolismo corneal. Pero si la córnea no necesita la glucosa lagrimal, sí necesita su oxígeno y cuanto éste se restringe, el metabolismo corneal se hace por vía anaeróbica, aumentando la cantidad de ácido láctico en la córnea y este pasará a la lágrima. En condiciones normales, la película lagrimal está en contacto directo con la atmósfera, que es la fuente principal de oxígeno corneal. Así mismo, la córnea vierte a la película lagrimal anhídrido carbónico que procede de su metabolismo. Es posible que algunos minerales y enzimas que contiene la lágrima ayuden en menor escala al metabolismo corneal (Murube, 1981).
- **Función limpiadora:** la lágrima sirve de vehículo para la eliminación de detritos epiteliales, cuerpos extraños e incluso microorganismos. Algunos cuerpos extraños quedan flotando en la superficie oleosa, otros pasan a la acuosa sin tocar el epitelio, y finalmente otros llegan a la capa mucosa abrasionándolo o no. Algunas partículas son disueltas, mientras que otras son movidas por el parpadeo hasta eliminarse por los puntos lagrimales si su tamaño es pequeño, o por el lago lagrimal y el canto interno si su tamaño es mayor (Murube, 1981).
- **Completando esta función limpiadora está la función digestiva:** en el pliegue semilunar y en la carúncula hay gran cantidad de glándulas lipídicas cuya secreción fluidificada (la mucina) y ciertos residuos que se alojan en el lago lagrimal facilitan su paso por los puntos lagrimales.
- **Función antimicrobiana:** la lágrima defiende al ojo de los gérmenes patógenos de dos maneras: directamente, mediante sus diversos componentes (lisozima, Ig, y otros) que atacan los gérmenes, e indirectamente, ofreciendo condiciones poco favorables para el desarrollo de los mismos, tales como su bajo contenido en glucosa o su flujo continuo. Los componentes antimicrobianos de la lágrima son: la beta-lisina, algunas proteínas (transferrina, lactoferrina, IgA, IgG, IgM, IgE, enzimas –lisozima– y fracciones del complemento). La lágrima es un medio de transporte para diversas células implicadas en la defensa del organismo (leucocitos). El pH lagrimal no permite el crecimiento de ciertos gérmenes, la baja temperatura también constituye un mecanismo de defensa contra microorganismos (Murube, 1981).
- **Función inmunológica:** es una función de defensa más amplia y general que la antimicrobiana, porque no sólo reacciona contra microorganismos sino contra cualquier factor externo que pueda producir daño tisular (agentes químicos y físicos, lesiones inmunológicas, cambios metabólicos). La lágrima cumple su función inmunológica por medio de sus componentes proteicos: IgA, IgM, IgE, IgG (en menor cantidad), enzimas (lisozima), fracciones del complemento, transferrina, lactoferrina, y betalisina. Además, la lágrima es vía para leucocitos en casos de lesión (Donshik, 1989; Murube, 1981; Stein, 1990). Las lágrimas contienen anticuerpos específicos de Ig A para algunos antígenos, incluyendo Herpes virus simple, VIH, adenovirus, Epstein Barr virus, *Streptococcus epidermidis* y *Chlamydia trachomatis*. La lactoferrina que compone cerca del

25% de las proteínas lagrimales humanas, se une al hierro de las bacterias y altera su metabolismo, también previene la formación de los radicales hidroxilos que contribuirían al efecto inflamatorio en la superficie ocular. La lisozima tiene un efecto bacteriolítico directo que, a diferencia de la lactoferrina, es efectivo sólo contra bacterias Gram negativas. La IgM lagrimal es activa en la respuesta inmune temprana e incrementa la fagocitosis. La IgM secretoria se encuentra en la lágrima de los pacientes con deficiencia de IgA. La IgE lagrimal es una proteína de la glándula lagrimal cuyos niveles se encuentran elevados en varios tipos de conjuntivitis alérgica (Rae *et al.*, 2006).

- **Función lubricante:** el desarrollo de la lágrima con fines ópticos y metabólicos necesitó de un aparato palpebral que la extendiese, y desarrolló características lubricantes, por la mucina principalmente, para facilitar el barrido del parpadeo; la lágrima lubrica la parte interna palpebral permitiendo su suave deslizamiento (Murube, 1981).
- **Función humectante:** la lágrima se extiende sobre el epitelio manteniendo un ambiente húmedo para las células epiteliales que, de otra forma, se resecarían y queratinizarían.

#### **Fase mucosa:**

La fase mucosa, mucoide o mucinosa, es una capa delgada glucoproteica, altamente hidratada, que cubre el epitelio corneal y conjuntival, sobre el glicocálix. En realidad pertenece al epitelio y no a la lágrima, pues existe en todos los epitelios de características similares, y si se deseca el ojo, permanece adherida al epitelio. Para fines descriptivos, se le considera la capa interna de la película lagrimal.

Holly y Lemp (1981) estimaron que la capa mucosa precorneal absorbida oscilaba entre las 0.02 y 0.04

$\mu\text{m}$  de espesor y que una capa superficial de mucina diluida era de 4  $\mu\text{m}$ . Recientemente, Nichols demostró que la capa mucosa sobre la córnea mide entre 0.6 y 1.0  $\mu\text{m}$  de espesor, y sobre la conjuntiva de 5 a 7  $\mu\text{m}$ . Resulta difícil pues, definir con precisión el espesor de esta capa (Gilbard, 1990).

La mucina de esta capa procede casi en su totalidad de la secreción de las células caliciformes y criptas mucosas de Henle, que se derrama sobre la superficie conjuntival y el parpadeo la distribuye sobre la córnea y conjuntiva.

El término “mucina” se refiere a moléculas específicas, “mucus” se refiere al agregado gelatinoso de las moléculas, y mucoso es la forma adjetival del mucus o moco (Wilson, 1991). Es probable que una mínima cantidad de glucoproteínas provenga de las células epiteliales de córnea y conjuntiva; las glucoproteínas producidas por las glándulas lagrimales son neutras y quedan dispersas en la fase acuosa, las de la fase mucinosa son ácidas (Doane, 1991).

La capa de mucina y la acuosa son una continuación la una de la otra. La mucina se compone realmente de glicoproteínas hidratadas secretadas por las células caliciformes de la conjuntiva. Las mucinas transmembranales (mucinas 1 y 4) están estrechamente unidas a la superficie ocular, creando un sustrato hidrofílico que proporciona una transición entre la superficie hidrofóbica y las capas externas lagrimales hidrofílicas. Las mucinas libres flotantes (mucina 5AC) están mezcladas homogéneamente con las secreciones acuosas para crear un gel mucoacuoso; la mucina 5 es el mayor componente del gel mucínico ocular. La mucina permite estabilizar la delgada película lagrimal contra las fuerzas del parpadeo y sirve como vehículo primario para remover desechos y contaminantes grasos del gel mucinoso. Agonistas parasimpáticos, histaminas, irritantes químicos y prostaglandinas pueden estimular la producción de mucina. Los investigadores han observado que la densidad de células caliciformes es

cuatro veces mayor en la conjuntiva palpebral que en la conjuntiva bulbar interpalpebral, y que la capa de mucina es más gruesa sobre la conjuntiva especialmente nasal y más delgada sobre la córnea (Caffery, 2002; Morris & Rogers, 2007)

Holly (2005) difiere en parte del concepto del gel de la capa acuosa de la película lagrimal. Opina que muchos investigadores encuentran difícil aceptar el hecho de que la resistencia que la película lagrimal muestra contra el flujo inducido por la gravedad es debido simplemente a las fuerzas de superficie. Sin embargo, hasta ahora, bajo condiciones fisiológicas no ha podido ser demostrado dicho gel resistente al flujo, ni siquiera la alta viscosidad. Hasta los años noventa, el mecanismo de lubricación del párpado se suponía que consistía en su carácter de estructura límite. En 1994, un mecanismo más probable que resultaba en mucha menor fricción fue propuesto por Holly & Holly, quienes expusieron un argumento convincente sobre la lubricación hidrodinámica para la motilidad palpebral en el ojo sano. La condición necesaria para que dicha lubricación resulte en un desgaste mínimo es que la capa lagrimal acuosa se mantenga continua bajo el párpado y conserve su baja viscosidad. Estos ejemplos sugieren firmemente que la fisiología de la película lagrimal preocular está estrictamente controlada por las leyes y principios de la ciencia de la interfase.

#### **Funciones de la fase mucosa:**

- Bajar la tensión superficial y mantenerla baja en un medio hostil.
- Proporcionar humectabilidad al epitelio. Por sus características fisicoquímicas, la mucina tiene gran capacidad de unirse y retener moléculas de agua, por lo que vuelve hidrófilo el epitelio corneal que sin mucina es hidrófobo. La córnea, cuya superficie microvellosa es hidrofóbica, logra humectabilidad en virtud de su capa de

mucina, cuyas moléculas glucoproteicas se alinean con su segmento hidrofílico dirigido hacia afuera de la superficie hidrofóbica, mientras que su segmento hidrofóbico se une a la superficie hidrofóbica, produciendo así una superficie hidrofílica en la parte externa corneal, mientras se adhiere a una superficie celular hidrofóbica por debajo (internamente) (Benjamin, 1987). Un líquido (lágrima) se extiende sobre un sólido (epitelio) cuando la suma de la tensión superficial del líquido (70 dinas/cm) más la tensión interfásica líquido-sólido es igual o menor a la tensión superficial crítica del sólido (28 dinas/cm); esto se logra por un lado, aumentando la tensión superficial crítica del sólido, y por otro, disminuyendo la del líquido. La lágrima baja su tensión superficial de 70 a 39-42 dinas/cm por sus glicoproteínas, y por la capa oleosa baja aún más a 35 dinas/cm según Holly, por sus glucoproteínas disueltas; el epitelio sube su tensión superficial de 28 a 39 dinas/cm al ser cubierto con mucina, entonces se baja la tensión superficial de la lágrima al punto donde la completa humectación de la superficie corneal puede llevarse a cabo (Holly, 1988; Murube 1981).

- Mantener sobre la córnea la película lagrimal líquida, proporcionando un epitelio regular y terso. Sin mucina, por el epitelio hidrófobo resbalaría la lágrima.
- Acción bacteriostática por las glucoproteínas de la mucina.
- Formar una capa protectora sobre el epitelio evitando su desecación.

Aunque por razones didácticas se describen separadamente las distintas fases lagrimales, es conveniente resaltar la integralidad e interdependencia con las que funcionalmente deben analizarse. Una aproximación de estas fases integradas se presenta en la Figura 3.



**FIGURA 3. COMPONENTES DE LA PELÍCULA LAGRIMAL NORMAL. EL ESQUEMA MUESTRA UNA BUENA APROXIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTEGRADA DE LA PELÍCULA LAGRIMAL. (OPTOMETRIC MANAGEMENT, ABRIL DE 2007).**

## CONCLUSIÓN

Se han presentado diferentes modelos propuestos para describir la estructura de la película lagrimal. Se evidencia que no hay una teoría estructural que explique satisfactoriamente los diversos fenómenos fisicoquímicos del complejo dinámico lagrimal. Una manera de caracterizar las diferentes funciones lagrimales es relacionándolas directamente con sus fases componentes. Es necesario estar atentos a los resultados de las investigaciones para aplicarlos de manera más asertiva en la práctica clínica, en el diagnóstico y tratamiento de patologías relacionadas con la película lagrimal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benjamin, W. (1987) Wet ability. In Bennett, E. & Ghohe, R. *Gas permeable contact lenses*. New York: Professional Press Books, 8,118-119.
- Bron, A., Tiffany, J., Gouveia, S., Yokoi, N. & Voon, N. (2004). Functional aspect of the tear film lipid layer. *Experimental eye research*, 78 (3), 347-360.
- Caffery, B. (2002), MUC 1 and other important components of the mucus layer. *Contact Lens Spectrum*. Consultado el 6 de noviembre de 2007 en [www.clspectrum.com](http://www.clspectrum.com).
- Craig, J. & Tomlinson, A. (1997). Importance of the lipid layer in human tear film stability and evaporation. *Optometry & Vision Science*, 74 (1), 8-13.
- Doane, M. & Gleason, W. (1991). Tear layer mechanics. In Bennett, W. & Weissman, B. *Clinical contact lens practice*. Philadelphia: Lippincott company, 2:1-17.
- Donschik, P. & Ballow, M. (1989). Immunological aspects of tear film changes in contact lens wearers. En: *The CLAO guide to basic science and clinical practice*. Gruñe and Stratton Orlando, 1984, (2nd Ed., 1990), Vol.1. No. 16B 1:6.
- Gilbard, J. (1986). Tear film physiology and evaluation relevant to contact lens wear. En: *The CLAO guide to basic science and clinical practice*. G&S, (2nd Ed., 1990). 1 (16),1-17.

- Holly, F. (1988). Basic factors underlying the formation and stability of precorneal tear film. *World Congress on the Cornea III*. New York: Faven Press.
- Holly, F. (1981). Tear film physiology and contact lens wear I-II. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 58 (4), 324-341.
- Holly, F. (2005). La película lagrimal: una parte del ojo pequeña pero altamente compleja. *Archivos de la Sociedad Española de oftalmología*, 2 (80). Consultado en junio 29 de 2007 en [www.oftalmo.com/seo/archivos](http://www.oftalmo.com/seo/archivos).
- Kinney, K. (1998). Detecting Dry Eye in CL wears. *Contact Lens Spectrum*, 21-28.
- Korb, D., Craig, J., Doughty, M., Guillon, J., Smith, G. & Tomlinson, A. . *The Tear Film: structure, function and clinical examination*. Butterworth Heinemann. 2002
- Liotet, S., Van Bijsterveld, O.P., Kogbe, O. & Laroche, L. (1987). A new hypothesis on tear film stability. *Original papers ophthalmologica*, 195(3),119-124.
- Lozato, P., Pisella, P. & Baudouin, C. (2001). The lipid layer of the lacrimal tear film: Physiology and pathology. *Journal français d'ophtalmologie*, 24 (6), 643-658.
- Lupelli, L. (1988). A review of lacrimal function test in relation to contact lens practice. *Contact lens Journal*, 4-19.
- Mahmood, M., Farris, L. & Lemp, M. (1984). Lacrimal physiology and contact lens wear. En: *The CLAO guide to basic science ad clinical practice*. Grúne and Stratton Orlando; 1984 1º edición 1 (16),1-5.
- McCulley, J. & Shine, W. (1997). A compositional based model for the tear film lipid layer. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, 95, 79-93.
- Mishima, S. (1965). Some physiological aspects of the precorneal tear film. *Archives of ophthalmology*, 73, 233-241.
- Morris, S., Rogers, T. (2007), Knowledge of the physiology of the tear film enables you to better isolate, identify and classify in vivo ocular surface problems. *Optometric Management*. Consultado en junio 29 de 2007 In [www.optometricmanagement.com](http://www.optometricmanagement.com).
- Murube del Castillo, J. (1981). *Dacriología básica*. Universidad de la Laguna. Las Palmas.
- Nichols, J. (2004). Are all Lipids the same? *Contact Lens Spectrum*. En [www.clspectrum.com](http://www.clspectrum.com)
- Smolin, G. et ál. (1987). The cornea. *Scientific foundation and clinical practice*.
- Stein, H. (1990). *Fitting guide for rigid and soft contact lenses*. (3<sup>rd</sup> Ed.) St. Louis, Missouri, USA: The C.V. Mosby Company.
- Terry, R. (1992). *An introduction to the ocular tear film and its assessment*. C.C.L.R.U.
- Tomlinson, A. (1992). Tear film changes with contact lens wear. En: Tomlinson, A. *Complications of contacts lens wear*. St.Louis: Mosby Year Book, 159-189.
- Weil, B. & Milde, B. (1985). *Sistema Lagrimal*. Buenos Aires: Editorial Panamericana.
- Wilson, G. (1991). Tear layer composition and properties. In Bennett, E. & Weissman, B. *Clinical contact lens practice*. Philadelphia: Lippincott, 1,1-12.