



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS

# **Grado en Óptica y Optometría**

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

## Métodos objetivos para analizar la película lagrimal mediante instrumentación clínica avanzada

Presentado por: Diego Astudillo de Vega

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

Tipo de TFG: Revisión

En Valladolid a, 27 de mayo de 2025

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. La película lagrimal y su importancia .....	3
1.2. Medidas subjetivas y sus limitaciones.....	3
1.3. Medidas objetivas .....	4
MATERIAL Y MÉTODO .....	5
RESULTADOS .....	6
3.1. Tiempo de ruptura lagrimal no invasivo .....	6
3.1.1. Descripción y principio .....	6
3.1.2. ¿Cómo funciona? .....	6
3.1.3. Utilidad clínica .....	6
3.2. Interferometría .....	7
3.2.1. Descripción y principio .....	7
3.2.2. ¿Cómo funciona? .....	8
3.2.3. Utilidad clínica .....	8
3.3. Meibografía .....	8
3.3.1. Descripción y principio .....	8
3.3.2. ¿Cómo funciona? .....	9
3.3.3. Utilidad clínica .....	9
3.4. Tomografía de coherencia óptica .....	10
3.4.1. Descripción y principio .....	10
3.4.2. ¿Cómo funciona? .....	10
3.4.3. Utilidad clínica .....	10
3.5. Termografía .....	11
3.5.1. Descripción y principio .....	11
3.5.2. ¿Cómo funciona? .....	11
3.5.3. Utilidad clínica .....	11
DISCUSIÓN .....	13
CONCLUSIONES .....	15
BIBLIOGRAFÍA .....	16

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. La película lagrimal**

La película lagrimal es una estructura esencial que cubre la superficie del ojo y tiene un papel clave en la protección ocular y en la calidad visual. Esta película proporciona una adecuada lubricación, actúa como una primera línea de defensa frente a agentes infecciosos y ayuda a que tengamos una visión nítida ya que mantiene la transparencia de la córnea. Está formada por tres capas:

**Capa lipídica:** la más externa. Formada por lípidos secretados por las glándulas de Meibomio principalmente. Su función principal es reducir la evaporización de la lágrima y mantener una superficie óptica uniforme

**Capa acuosa:** la intermedia. Producida por las glándulas lagrimales principales y accesorias. Contiene agua, proteínas, electrolitos y factores antimicrobianos, siendo vital para la hidratación ocular y la defensa contra agentes patógenos.

**Capa mucosa:** la más interna. Generada por las células caliciformes de la conjuntiva. Actúa como un puente hidrofílico entre el epitelio corneal y las capas superiores, facilitando la adherencia de la película lagrimal a la superficie ocular.

Estas diferentes capas trabajan conjuntamente para mantener la homeostasis de la superficie ocular, proteger contra agentes externos y garantizar una buena hidratación y confort del ojo. Tal es así que a las dos últimas con frecuencia se les trata como una única capa, la capa mucoacuosa.<sup>1,2</sup>

La estabilidad de esta película es esencial para preservar la salud ocular y el confort visual. Cuando se ve comprometida, puede dar lugar al síndrome de ojo seco, caracterizado por síntomas como irritación, enrojecimiento, visión borrosa y sensibilidad a la luz.<sup>1,3</sup> Este desequilibrio puede deberse a una insuficiencia en la producción lagrimal o a una evaporación excesiva de la lágrima. Además, las alteraciones en la película lagrimal pueden afectar el uso de lentes de contacto, reduciendo el tiempo de ruptura de la película sobre la lente y provocando incomodidad y sequedad ocular.<sup>4</sup>

### **1.2. Medidas subjetivas y sus limitaciones**

Tradicionalmente, la evaluación de la estabilidad de la película lagrimal ha dependido de pruebas subjetivas y/o invasivas como:

Los cuestionarios de síntomas, como por ejemplo el Ocular Surface Disease Index (OSDI), que permiten obtener información sobre los síntomas percibidos por el paciente. Pero, esta percepción subjetiva de los síntomas, no siempre se correlaciona directamente con los signos clínicos.

También nos podemos encontrar con el test de Schirmer que mide la producción lagrimal mediante la colocación de una tira de papel absorbente en el párpado inferior. Aunque esta prueba pueda proporcionar datos útiles, muchas

veces son incómodas para el paciente y su fiabilidad es baja, ya que los resultados pueden variar de una evaluación a otra.<sup>5</sup>

Por último, también encontramos el tiempo de ruptura lagrimal (BUT, por sus siglas en inglés), que consiste en aplicar fluoresceína en el ojo y medir cuánto tarda en apreciarse la primera ruptura lagrimal tras un parpadeo. Esta prueba ha sido muy utilizada y ofrece información interesante, pero al tratarse de una técnica invasiva su interpretación depende del evaluador y, en ocasiones, el uso de fluoresceína puede provocar un lagrimeo reflejo que altera el resultado.<sup>1</sup>

Durante mucho tiempo estas pruebas han sido una herramienta útil, sin embargo, su subjetividad y carácter invasivo manifiestan la necesidad de disponer de métodos más cómodos y objetivos para analizar la estabilidad de la película lagrimal de una manera más fiable.

### **1.3. Medidas objetivas**

Los avances tecnológicos de los últimos años han cambiado la forma en la que se evalúa y estudia la película lagrimal. Por ello, hoy tenemos herramientas más objetivas y menos invasivas que realizan una evaluación más precisa y cómoda. Estos métodos han surgido por la necesidad de reducir la subjetividad y mejorar la reproductibilidad de los resultados.

Uno de los más destacados es el tiempo de ruptura lagrimal no invasivo (NIBUT, de sus siglas en inglés), que permite medir cuánto tarda en romperse la película lagrimal sin necesidad de usar fluoresceína. Este tiempo puede medirse de forma objetiva con dispositivos que proyectan discos de Plácido sobre la superficie ocular.<sup>1,5</sup> También contamos con la interferometría, que analiza la capa lipídica mediante patrones ópticos de interferencia. Es útil en el diagnóstico de ojo seco evaporativo, ya que permite evaluar la funcionalidad de las glándulas de Meibomio.<sup>1</sup> Además, contamos con la meibografía que ofrece una visión directa de estas glándulas con cámaras de luz infrarroja, esto facilita la detección de anomalías que afectan a la producción de lípidos de la lágrima.<sup>1</sup> También, podemos mencionar la tomografía de coherencia óptica (OCT, de sus siglas en inglés). Esta técnica permite observar la altura del menisco y el grosor de la película lagrimal, lo que aporta datos numéricos sobre la cantidad de lágrima.<sup>1</sup> Finalmente, cabe mencionar a la termografía ocular que analiza los cambios de temperatura en la superficie ocular mediante cámaras infrarrojas, permitiendo detectar zonas con mayor evaporación lagrimal.<sup>1</sup>

Todas estas técnicas mejoran la precisión diagnóstica y reproductibilidad, pero su implantación puede limitarse por su elevado coste.

El objetivo de este trabajo es revisar y analizar los métodos objetivos más relevantes que hay para evaluar la película lagrimal, destacando su aplicabilidad clínica, precisión y ventajas frente a las medidas subjetivas.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

Para la elaboración de este trabajo se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica centrada en el estudio de la película lagrimal y de los métodos y materiales empleados para evaluar su estabilidad. La búsqueda de información se ha realizado a través de bases de datos científicos, principalmente PubMed, Google Académico y la biblioteca de la Universidad de Valladolid. Se emplearon como términos de búsqueda palabras clave, como pueden ser tear film, stability, break up time y non invasive, combinadas entre ellas para afinar los resultados.

La selección de artículos se ha centrado en referencias recientes y con la mayor trascendencia posible. Tras la recopilación inicial, se llevó a cabo una lectura crítica de cada artículo. El idioma en que estaban redactadas la mayoría de las fuentes consultadas ha sido el inglés, pero también se han tenido en cuenta publicaciones en español.

## RESULTADOS

### 3.1. Tiempo de ruptura lagrimal no invasivo

#### 3.1.1. Descripción y principio:

Es una prueba objetiva y no invasiva que permite valorar la estabilidad de la película lagrimal sin necesidad de emplear colorantes como la fluoresceína. Permite analizar la película en su estado natural, ya que evita cualquier alteración directa en la superficie ocular y al no usar colorante reduce la influencia del lagrimeo reflejo. Esto la convierte en una herramienta de gran utilidad, sobre todo en el diagnóstico del ojo seco, ya que ofrece información precisa sobre la integridad y el comportamiento de la película lagrimal tras el parpadeo.

Además, esta prueba mide el tiempo que transcurre desde el último parpadeo hasta que comienzan a aparecer las primeras irregularidades en la superficie de la película lagrimal, lo cual indica su ruptura. En comparación con el BUT convencional, el NIBUT ha demostrado ser más fiable y reproducible.<sup>1,6</sup>

#### 3.1.2. ¿Cómo funciona?

La prueba se realiza utilizando videoqueratógrafos y se lleva a cabo con el paciente sentado frente al dispositivo. Primero, se le comunica que puede parpadear de manera normal y, a continuación, se le indica que mantenga los ojos abiertos el mayor tiempo posible sin parpadear. Durante este tiempo, el instrumento proyecta un patrón de anillos de Placido sobre la superficie ocular, y a través de una cámara integrada, se graba una secuencia de imágenes en tiempo real. Cuando la película lagrimal comienza a desestabilizarse, se detectan distorsiones en el patrón reflejado por los anillos. El tiempo de ruptura lagrimal no invasivo se produce en el momento en el que se produce la primera alteración.<sup>7,8</sup>

Por lo general, esta medición se repite tres veces y se calcula la media para obtener un resultado más fiable. Los valores normales suelen situarse entre los 10 y 15 segundos, aunque pueden variar según el tipo de dispositivo empleado y las características individuales del paciente.

Los equipos más modernos permiten calcular el tiempo de ruptura en distintas zonas de la superficie ocular, lo que proporciona un análisis más detallado y completo (Figura 1).

#### 3.1.3. Utilidad clínica:

El NIBUT es una herramienta útil en el diagnóstico del ojo seco, ya que un tiempo de ruptura reducido suele estar asociado con un mayor grado de hiperosmolaridad lagrimal, inflamación e incluso daño epitelial en la superficie ocular. Además, esta prueba resulta relevante en la adaptación a lentes de contacto, ya que una película lagrimal inestable puede provocar molestias, sequedad e intolerancia.

Gracias a su carácter no invasivo y a la posibilidad de obtener mediciones

objetivas y reproducibles, se ha consolidado como una de las pruebas más fiables para evaluar la calidad de la película lagrimal.

Diversos estudios han demostrado que los valores de NIBUT suelen ser más prolongados que los del BUT, con una diferencia aproximada de unos dos segundos. Esta diferencia respalda la idea de que el NIBUT es menos influenciado por factores externos.<sup>1,3</sup>

A pesar de su utilidad, hay que tener en cuenta que su disponibilidad y el coste elevado de este instrumental puede limitar su implementación en algunos entornos clínicos.

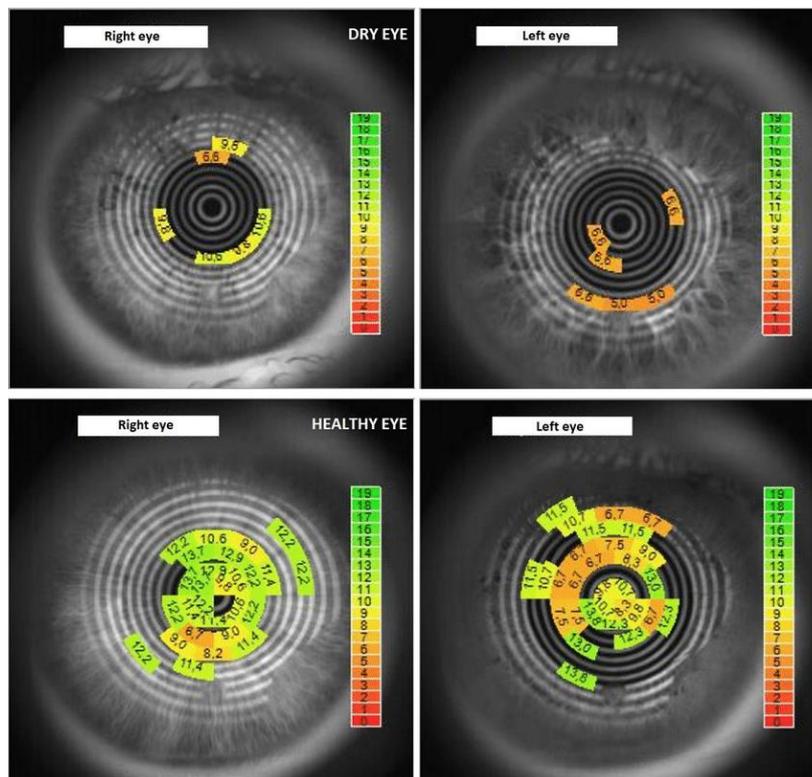


Figura 1. Dos ejemplos de mediciones del tiempo de ruptura lagrimal no invasivo (NIBUT, de sus siglas en inglés) en un ojo de un paciente con ojo seco moderado (primera fila) y en un ojo sano (segunda fila). Imagen obtenida de Molina-Martín y cols.<sup>9</sup>

## 3.2. Interferometría

### 3.2.1. Descripción y principio:

Es una técnica óptica no invasiva que permite analizar de forma detallada la capa lipídica de la película lagrimal. Su funcionamiento se basa en el principio de interferencia de la luz, que ocurre cuando una fuente luminosa coherente incide sobre la superficie ocular y, esta se refleja en las diferentes interfaces de la lágrima, generando patrones de interferencia característicos en forma de franjas o colores. Estos patrones son captados por una cámara integrada en el dispositivo. Posteriormente, un software especializado cuantifica parámetros

como el espesor y la uniformidad de la capa lipídica.

Esta técnica permite detectar alteraciones sutiles y es especialmente útil para evaluar la calidad de la lágrima en casos de ojo seco evaporativo.<sup>1,10</sup>

### **3.2.2. ¿Como funciona?**

Durante la prueba, el paciente se sitúa frente al dispositivo y se le pide que mantenga los ojos abiertos durante unos segundos. La luz emitida por el dispositivo incide sobre la superficie lagrimal, generando reflejos que forman un patrón visual sobre el que se realiza el análisis. A través de estos patrones de interferencia, el sistema es capaz de determinar, con gran precisión, la uniformidad y espesor de la capa lipídica.<sup>1,11</sup>

### **3.2.3. Utilidad clínica**

Tiene una gran relevancia clínica por su capacidad para evaluar de forma objetiva y no invasiva parámetros claves, ya que una capa lipídica irregular o demasiado fina, se asocia con un incremento de la tasa de evaporación lagrimal, favoreciendo la aparición del ojo seco de tipo evaporativo.

Una de las principales ventajas de esta técnica es su capacidad para realizar mediciones en tiempo real, sin necesidad de contacto con el ojo ni el uso de colorantes, lo que supone un menor riesgo de alterar los resultados. Además, permite detectar de forma temprana los desequilibrios en la película lagrimal, lo que facilita la elección del tratamiento adecuado. Por estas razones, la interferometría se ha consolidado como una herramienta clave en el manejo del ojo seco.<sup>1,10</sup>

## **3.3. Meibografía**

### **3.3.1. Descripción y principio:**

Es una técnica de imagen no invasiva diseñada para observar y analizar de forma objetiva la morfología de las glándulas de Meibomio, estructuras clave en la formación de la capa lipídica de la película lagrimal. Estas glándulas están situadas dentro de los párpados y secretan los lípidos que recubren la superficie ocular, ayudando a reducir la evaporación de la lágrima y a mantener su estabilidad.

Esta prueba resulta útil en el diagnóstico y manejo del ojo seco evaporativo, ya que la disfunción de las glándulas de Meibomio está relacionada con alteraciones en la calidad de la lágrima y un aumento de su evaporación.<sup>12,13</sup>

La meibografía permite identificar signos de atrofia o pérdida de estas glándulas, lo que será muy valioso para guiar el tratamiento y seguimiento clínico. Esta prueba se realiza mediante dispositivos con cámaras de luz infrarroja, que son capaces de captar imágenes detalladas de las glándulas sin necesidad de tocar el ojo, lo que mejora la comodidad del paciente (Figura 2).

### 3.3.2. ¿Cómo funciona?

Durante la prueba, el paciente se sienta cómodamente frente al equipo. El examinador eleva con cuidado el párpado inferior o superior, según la zona a explorar, para exponer la cara interna del párpado. La cámara capta imágenes de alta resolución de las glándulas, que son iluminadas suavemente por una fuente de luz infrarroja.

Estas imágenes permiten evaluar varios parámetros clínicos como el número de glándulas presentes, su longitud, grosor y si presentan signos de atrofia o irregularidades estructurales. Posteriormente, un software especializado analiza las imágenes, cuantifica la pérdida glandular y clasifica el grado de disfunción.

### 3.3.3. Utilidad clínica:

La ventaja principal de la meibografía es su capacidad para ofrecer información objetiva y reproducible, sin las limitaciones de las pruebas tradicionales más subjetivas. Esta herramienta permite detectar de forma precoz la disfunción de las glándulas de Meibomio, lo que facilita la aplicación de tratamientos personalizados.

Diversos estudios han demostrado la eficacia de esta técnica para correlacionar las alteraciones en la morfología de las glándulas con los síntomas clínicos del ojo seco, lo que permite hacer una valoración más completa y precisa del estado ocular de cada paciente. Además, al tratarse de una prueba cómoda, rápida y no invasiva, puede utilizarse fácilmente de forma rutinaria, tanto para diagnóstico inicial como para el seguimiento de la evolución y la respuesta al tratamiento. En los últimos años, la incorporación de sistemas de análisis automatizado ha contribuido a mejorar aún más la precisión y eficiencia de esta técnica.<sup>12,13</sup>

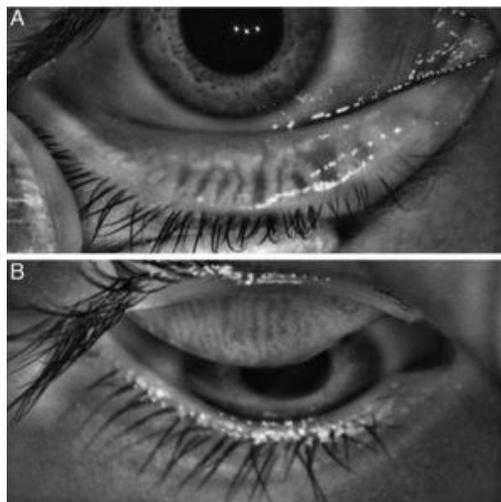


Figura 2. Análisis de meibografía infrarroja del párpado inferior (A) y superior (B), en un paciente masculino de 10 años sin alteraciones. Imagen obtenida de Garza-Leon y cols.<sup>14</sup>

### 3.4. Tomografía de coherencia óptica

#### 3.4.1. Descripción y principio:

Es una técnica de imagen no invasiva que se basa en el principio de interferometría de baja coherencia. Gracias a esta prueba, podemos obtener imágenes de alta resolución de las estructuras oculares en sección transversal. Esto nos facilita visualizar detalles micrométricos de la superficie ocular, entre ellos el menisco lagrimal (Figura 3) y la película lagrimal (Figura 4). Además, una de sus ventajas es que no necesita contacto directo con el ojo ni la utilización de colorantes.

#### 3.4.2. ¿Cómo funciona?

El funcionamiento del OCT se basa en la emisión de una luz infrarroja de baja coherencia que, al interactuar con las distintas capas de la superficie ocular, se refleja y se combina para construir una imagen en corte transversal.

#### 3.4.3. Utilidad clínica:

Las imágenes obtenidas mediante OCT permiten medir de forma objetiva parámetros claves para la evaluación del ojo seco, como el grosor de la película lagrimal y la altura del menisco lagrimal, que están relacionados con la cantidad de lágrima disponible.

Además, es muy valioso para el seguimiento de los tratamientos, ya que permite observar los cambios estructurales que se producen en la superficie ocular con el tiempo. Por todo ello, se ha consolidado como una herramienta indispensable en la práctica clínica y en el ámbito de la investigación, ya que proporciona una evaluación detallada y objetiva de la estabilidad y cantidad de la lágrima.<sup>15,16</sup>

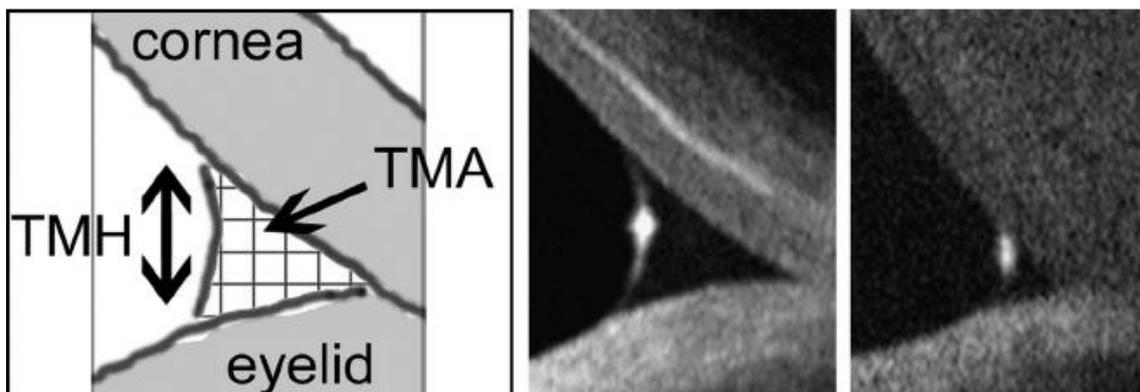


Figura 3. Imágenes transversales mediante tomografía de coherencia óptica (OCT, de sus siglas en inglés) del menisco lagrimal inferior. Izquierda: diagrama esquemático del menisco lagrimal. Centro: imagen de un menisco lagrimal normal (altura: 290 mm). Derecha: imagen de un menisco lagrimal con deficiencia de lágrima acuosa (altura 148 mm). Imagen obtenida de Tung y cols.<sup>17</sup>

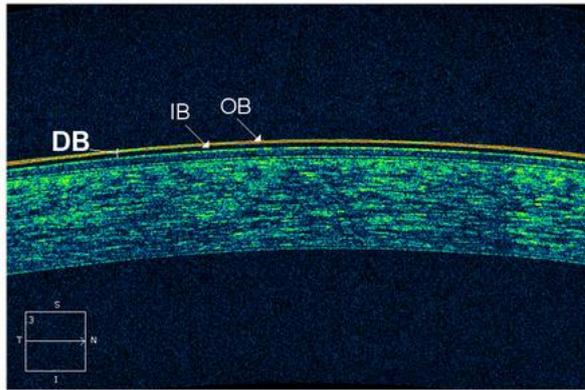


Figura 4: Imagen mediante tomografía de coherencia óptica (OCT, de sus siglas en inglés) de la película lagrimal y la córnea central. Imagen obtenida de Napoli y cols.<sup>18</sup>

### 3.5. Termografía

#### 3.5.1. Descripción y principio:

Es una técnica no invasiva que utiliza cámaras infrarrojas para medir la temperatura de la superficie ocular, permitiendo inferir la dinámica de la evaporación de la película lagrimal y, en consecuencia, su estabilidad. La base de esta técnica se encuentra en el hecho de que la evaporación de la lágrima provoca un enfriamiento local en la superficie ocular. Por ello, al medir las variaciones térmicas, se pueden identificar áreas donde la lágrima se evapora rápidamente, lo que suele estar relacionado con una inestabilidad de la película lagrimal.

#### 3.5.2. ¿Cómo funciona?

El paciente se sienta frente a la cámara termográfica en un ambiente controlado en cuanto a temperatura, humedad e iluminación, para evitar interferencias en las mediciones. Se le manda fijar la mirada en un objetivo y mantener los ojos abiertos durante el registro. La cámara captura imágenes térmicas en tiempo real que muestran la distribución de la temperatura en la superficie ocular. Posteriormente, mediante un software especializado, se analizan estas imágenes para detectar áreas con descensos de temperatura significativos, que indican una mayor evaporación de la lágrima. Esto nos ayudará a detectar patologías como el ojo seco o el síndrome de Sjögren (Figura 5).

#### 3.5.3. Utilidad clínica

Estudios recientes respaldan la importancia de utilizar la termografía en la evaluación objetiva de la estabilidad de la película lagrimal. Ya que, las variaciones térmicas en la superficie ocular se correlacionan con la evaporación lagrimal en pacientes con disfunción lagrimal. También destaca la aplicación de la termografía para identificar alteraciones térmicas asociadas a parámetros

clínicos del ojo seco, subrayando su potencial como herramienta complementaria en el diagnóstico y seguimiento de esta patología.<sup>11,19</sup>

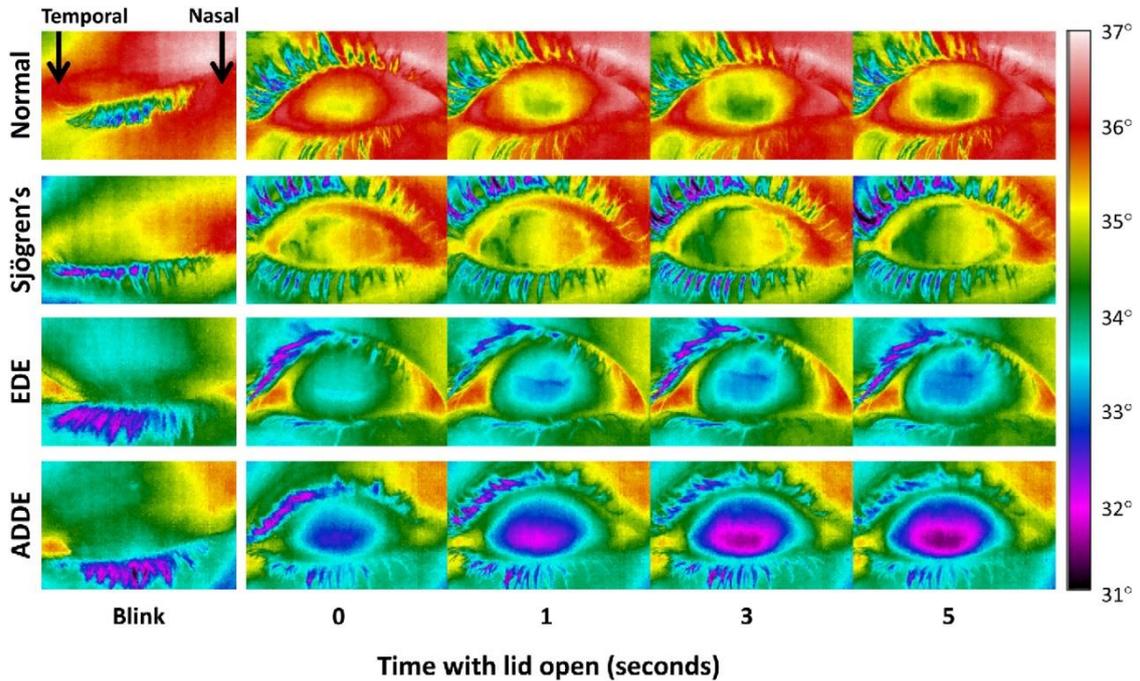


Figura 5: Imagen que muestra la temperatura de la superficie ocular, el párpado y las regiones periorbitales mediante termografía ocular con cámaras infrarrojas. Se muestra de arriba abajo la temperatura de un ojo normal, un ojo con síndrome Sjögren, un ojo seco evaporativo (EDE, de sus siglas en inglés) y un ojo seco por deficiencia acuosa (ADDE, de sus siglas en inglés). Imagen obtenida de Abreau y cols.<sup>20</sup>

## 4. DISCUSIÓN

Como se ha mencionado durante todo el trabajo, la película lagrimal es una estructura compleja, esencial para mantener la salud ocular, la comodidad y calidad visual. Su estabilidad depende de las uniones y el correcto funcionamiento de sus diferentes capas. Evaluar esta estabilidad ayuda a detectar alteraciones que pueden romper el equilibrio homeostático de esta película y desencadenar en el síndrome del ojo seco, una patología cada vez más prevalente y con un alto impacto en la calidad de vida de los pacientes.<sup>3</sup>

Esta evaluación ha pasado de pruebas tradicionales subjetivas, invasivas, incómodas para el paciente y con elevada variabilidad entre observadores a otras pruebas nuevas, no invasivas, basadas en tecnología avanzada. Durante el trabajo se han mencionado y revisado las cinco técnicas principales de medición objetiva con una alta importancia clínica, las cuales tienen una alta reproductibilidad y son menos molestas para el paciente, ya que no son invasivas.<sup>1</sup>

El NIBUT ha demostrado ser uno de los principales indicadores de estabilidad lagrimal, al permitir medir de forma automática y no invasiva el tiempo de ruptura de la película tras el parpadeo. A diferencia del BUT invasivo tradicional con fluoresceína, el NIBUT evita la alteración de la película y el lagrimeo reflejo, ofreciendo valores generalmente unos 1 o 2 segundos superiores al BUT.<sup>11,6</sup> Además, se han comparado distintos dispositivos de medición y se ha concluido que el NIBUT automatizado presenta menor variabilidad entre medidas de un mismo sujeto que el BUT subjetivo. Estas evidencias respaldan la inclusión del NIBUT como prueba de primera línea en clínica y en estudios de investigación.<sup>7</sup>

En el caso de la interferometría, esta técnica ha demostrado ser muy útil para evaluar la capa lipídica de la película lagrimal, especialmente en pacientes con ojo seco evaporativo. Mediante los patrones de interferencia de luz que genera, permite estimar el espesor de esta capa de manera precisa y objetiva. Uno de sus puntos fuertes es la posibilidad de observar de forma dinámica cómo se comporta la película después del parpadeo, lo que ofrece información sobre su estabilidad. Además, esta herramienta al ser completamente no invasiva permite detectar alteraciones sutiles en la capa lipídica que pasarían desapercibidas con métodos tradicionales. De esta forma, mejora la capacidad diagnóstica y contribuye a orientar tratamientos más específicos enfocados en la función de las glándulas de Meibomio.<sup>10,12</sup>

El uso de la meibografía es especialmente útil para facilitar intervenciones tempranas, como la terapia térmica o los masajes palpebrales y monitoriza la respuesta, convirtiéndose en un pilar del manejo del ojo seco evaporativo. El poder visualizador de la interferometría y la meibografía permite no solo confirmar el diagnóstico, sino también clasificar la severidad y guiar decisiones terapéuticas personalizadas.<sup>10,12</sup>

Por otra parte, el OCT mide con precisión el grosor de la película lagrimal y la altura del menisco, que son indicadores del volumen y distribución lagrimal.

Estas medidas las realiza de una manera rápida y cómoda, lo que permite integrar el OCT rutinariamente, tanto para diagnóstico inicial como para seguimiento de terapias.<sup>16</sup>

Por último, la termografía nos aporta una visión funcional del comportamiento evaporativo de la lágrima, lo que nos ayuda a identificar zonas de inestabilidad o disfunción palpebral. La evaporación lagrimal provoca enfriamiento en la superficie corneal y mediante la termografía podemos crear un mapa con esas variaciones térmicas. Posteriormente, relacionando la temperatura corneal y el grosor lipídico podemos saber que áreas con menor temperatura indican una ruptura más temprana de la película lagrimal.<sup>8,13</sup>

Una ventaja muy importante de estas técnicas es que se pueden combinar entre sí para obtener un análisis completo del estado de la película lagrimal. Esta combinación es muy probable que mejore la sensibilidad y especificidad del diagnóstico, ya que permite conocer muchas características variadas del ojo seco. Esto será relevante en la práctica clínica, ya que el éxito del tratamiento y la personalización de este, normalmente, depende de un diagnóstico preciso.<sup>15</sup>

A pesar de todo lo bueno comentado a lo largo del trabajo sobre estas técnicas, no podemos dejar de comentar las limitaciones actuales que presentan. Ya que, principalmente, el elevado coste de los dispositivos junto con la necesidad de formación especializada limita su disponibilidad en muchos entornos clínicos. Además, hay una falta de estandarización en los protocolos y una cierta variabilidad entre dispositivos y, sobre todo, entre fabricantes, lo que dificulta la comparación de resultados.<sup>1</sup>

Aunque, actualmente, se den ciertos inconvenientes, el futuro del diagnóstico de la estabilidad lagrimal parece prometedor. El desarrollo de sistemas portátiles más asequibles y automatizados, capaces de medir a la vez múltiples parámetros lagrimales, facilitarán la inclusión de estos métodos en contextos con menos recursos y ayudarán al seguimiento a distancia y a la monitorización en tiempo real. Además, la posibilidad de integrar inteligencia artificial para el análisis de imágenes reducirá aún más la variabilidad entre observadores. Por último, la posibilidad futura de crear bases de datos de referencia poblacionales ayudará a optimizar la utilidad clínica de estas técnicas y medidas.<sup>1</sup>

La transición, en el ámbito y análisis de la película lagrimal, de métodos subjetivos hacia métodos objetivos es un hecho y está transformando el manejo de una afección tan importante relacionada con la película lagrimal, como es el ojo seco. Estos métodos objetivos mejoran la precisión diagnóstica, la selección del tratamiento, permiten un seguimiento más exhaustivo de la evolución del paciente y mejoran la calidad de vida de estos. La integración de estas técnicas en la práctica clínica actual representa el paso de un diagnóstico basado en algo subjetivo y en el ensayo error a uno que se fundamente en la evidencia objetiva y en la personalización. Este cambio es clave a la hora de la calidad de asistencia y el bienestar del paciente con una disfunción en la película lagrimal.<sup>1,3</sup>

## CONCLUSIONES

- La evaluación objetiva de la película lagrimal supone un gran avance en el diagnóstico y seguimiento del ojo seco, porque permite analizar sus capas y funciones de manera más precisa y reproducible que las técnicas tradicionales.
- Cada método descrito aporta información concreta y complementaria. Por ello, su uso combinado puede ofrecer un diagnóstico más completo del estado de la película lagrimal.
- La elección de la técnica más adecuada debe estar guiada por las características clínicas del paciente y el tipo de alteración sospechada, ya que no existe un método único capaz de evaluar de forma global la película lagrimal.
- Estas técnicas ofrecen importantes ventajas, pero también presentan limitaciones, como su elevado coste, la necesidad de formación especializada y la falta de estandarización entre dispositivos.
- De cara al futuro, el desarrollo de tecnologías portátiles, la incorporación de sistemas automatizados basados en inteligencia artificial y la incorporación de bases de datos de referencia facilitarán el diagnóstico y la atención a los pacientes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Di Cello L, Pellegrini M, Vagge A, et al. Advances in the noninvasive diagnosis of dry eye disease. *Appl Sci*. 2021;11(21):10384.
2. Dartt DA. Neural regulation of lacrimal gland secretory processes: relevance in dry eye diseases. *Prog Retin Eye Res*. 2009;28(3):155–77.
3. Craig JP, Nichols KK, Akpek EK, et al. TFOS DEWS II Definition and Classification Report. *Ocul Surf*. 2017;15(3):276–83.
4. Nichols JJ, Sinnott LT. Tear film, contact lens, and patient-related factors associated with contact lens-related dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006;47(4):1319–28.
5. Wang J, Palakuru JR, Aquavella JV. Correlations among upper and lower tear menisci, noninvasive tear break-up time, and the Schirmer test. *Am J Ophthalmol*. 2008;145(5):795–800.
6. Mzumara T, Afonne J. Assessing the relationship between non-invasive tear break-up time and maximum blink interval values among young adults at Mzuzu University. *Clin Optom (Auckl)*. 2018;10:87–91.
7. Wang MT, Murphy PJ, Blades KJ, Craig JP. Comparison of non-invasive tear film stability measurement techniques. *Clin Exp Optom*. 2018;101(1):13–7.
8. Markoulli M, Duong TB, Lin M, Papas E. Imaging the tear film: a comparison between the subjective Keeler Tearscope-Plus™ and the objective Oculus® Keratograph 5M and LipiView® interferometer. *Curr Eye Res*. 2018;43(2):155–62.
9. Molina-Martín A, de Fez D, Piñero DP. Repeatability of non-invasive break-up time measures with a new automated dry eye platform in healthy eyes. *Int Ophthalmol*. 2020;40(11):2857–65.
10. Szczesna DH, Kasprzak HT, Jaronski J, et al. An interferometric method for the dynamic evaluation of the tear film. *Acta Ophthalmol Scand*. 2007;85(2):202–8.
11. Szczesna-Iskander DH, Iskander DR. Future directions in non-invasive measurements of tear film surface kinetics. *Optom Vis Sci*. 2012;89(5):749–59.
12. Pult H, Riede-Pult BH, Nichols JJ. Relation between upper and lower lids' meibomian gland morphology, tear film, and dry eye. *Optom Vis Sci*. 2012;89(3):E310–5.
13. Giraldez MJ, Naroo SA, Resua CG. A preliminary investigation into the relationship between ocular surface temperature and lipid layer thickness. *Cont Lens Anterior Eye*. 2009;32(4):177–95.

14. Villaseñor Reyes MA, Ramos Zapata M, Villaseñor Reyes RA. Meibografía: nueva tecnología en la evaluación de las glándulas de Meibomio. *Rev Mex Oftalmol.* 2016;90(3):142–7.
15. Remongin PE, Rousseau A, Best AL, et al. Place du NIBUT automatisé dans l'évaluation multimodale de la surface oculaire dans le syndrome sec avec le Lacrydiag. *J Fr Ophtalmol.* 2021;44(3):313–20.
16. Ibrahim OM, Dogru M, Kojima T, et al. OCT assessment of tear meniscus after punctal occlusion in dry eye disease. *Optom Vis Sci.* 2012;89(5):E770–6.
17. Tung C, Perin A, Gümüş K, Pflugfelder SC. Tear meniscus dimensions in tear dysfunction and their correlation with clinical parameters. *Am J Ophthalmol.* 2014;157(2):301–6.
18. Napoli P, Coronella F, Satta G, et al. Evaluation of the adhesive properties of the cornea by means of optical coherence tomography in patients with Meibomian gland dysfunction and lacrimal tear deficiency. *PLoS One.* 2014;9(12):e115762.
19. Yokoi N, Komuro A. Non-invasive methods of assessing the tear film. *Exp Eye Res.* 2004;78(3):399–407.
20. Abreau K, Callan C, Kottaiyan R, Zhang A, Yoon G, Aquavella JV, Zavislan J, Hindman HB. Temperatures of the ocular surface, lid, and periorbital regions of Sjögren's, evaporative, and aqueous-deficient dry eyes relative to normals. *Ocul Surf.* 2016;14(1):64–73.