



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Medida de la transmitancia de córneas dañadas. Estudio del proceso de cicatrización.

Presentado por **Teresa María Espinosa Vidal.**

Tutelado por **Santiago Mar Sardaña.**

Tipo de TFG: **Investigación**

En Valladolid a 16 de Mayo de 2017

ÍNDICE

1. ABSTRACT/RESUMEN	2
2. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
4. HIPÓTESIS	4
5. MATERIALES Y MÉTODO EXPERIMENTAL.....	5
5.1 PREPARACIÓN DE LAS CÓRNEAS	5
5.2 DISPOSITIVO EXPERIMENTAL	6
Diafragma o pupila.....	6
Cámara portacórneas.....	6
Monocromador y OMA2.....	8
5.3 MEDIDA DE TRANSMITANCIAS	9
6. RESULTADOS	10
7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	12
8. CONCLUSIONES	15
9. ANEXOS: TABLAS Y FIGURAS.....	16
10. ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	17
11. BIBLIOGRAFÍA.....	18
12. BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA	18

1. ABSTRACT/RESUMEN

PURPOSE: obtaining transmittance spectra of rabbit corneas with and without a specific treatment for corneal scarring.

METHODS: measurements of transmittance of light were done immediately after removing the cornea and part of the sclera. Transmittance is the light that passes through the corneal tissue. These measurements were done in the range of visible spectrum (400-700 nm) using a computer, a detector (camera OMA2), a monochromator, a corneal support camera and a light source.

RESULTS: in general, there is not repetitive behavior of the corneas in terms of transmittance. Injured corneas transmit more light in the red range (longer wavelengths) and less in the blue ones. Healthy corneas have very similar transmittance in the entire visible spectrum. There is a big variability in healthy corneas respect to each other; and it happen the same with injured corneas.

CONCLUSIONS: it cannot be said that applying the treatment is going to improve the corneal scarring at optical or biophysical level. Therefore, it cannot be said that applying this treatment is better than a natural evolution of healing because the results are not consistent with each other. It is necessary to continue the research to achieve considerable developments in model of corneal transparency.

PROPÓSITO: obtener la transmitancia de córneas de conejo sanas y heridas con y sin tratamiento específico para la cicatrización.

MÉTODO: se realiza la medida inmediatamente después de extraer la córnea y parte de la esclera. La transmitancia es la cantidad de luz que pasa a través de la córnea. Se realiza la medida de ésta en el rango del espectro visible (400-700 nm) utilizando un ordenador, un detector (cámara OMA2), un monocromador, una cámara portacórneas y una fuente de luz.

RESULTADOS: en general no hay un comportamiento repetitivo de las córneas en cuanto a la transmitancia. Las córneas heridas presentan una mejor transmitancia en longitudes de onda mayores (zona de los rojos) y peor en las menores (azules). Las córneas control o sanas presentan una transmitancia muy similar en todas las zonas del espectro. Hay una gran variabilidad de transmitancias entre unas córneas heridas y otras; y lo mismo ocurre para las córneas control o sanas.

CONCLUSIONES: no podemos afirmar que el tratamiento aplicado sea eficaz para la mejora de la cicatrización a nivel óptico o biofísico puesto que encontramos resultados muy diferentes entre distintas muestras. Además, tampoco podemos afirmar que aplicar este tratamiento es mejor que una evolución natural de la cicatrización puesto que los resultados obtenidos no son coherentes entre sí. Es necesario continuar la investigación para lograr un modelo más concreto de transparencia corneal y poder progresar hacia unos resultados más relacionados entre sí.

2. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La córnea es el primer dioptrio que los rayos de luz han de atravesar para alcanzar la retina y formar una imagen en ella; aporta dos tercios del poder dióptrico total del ojo y por tanto el estado corneal va a condicionar la calidad de visión. Además, el tejido corneal supone para el globo ocular una fuerte barrera protectora frente al exterior tanto mecánica como bioquímicamente. Estas características ópticas y protectoras de la córnea son posibles gracias a su morfología y estructura.¹

En procesos que dan lugar a una respuesta cicatricial corneal como quemaduras oculares, se ve alterada la estructura y la morfología del tejido y por tanto hay una afectación directa de las propiedades corneales.

Como consecuencia de esa desorganización se produce una pérdida de transparencia corneal que altera en gran medida la calidad de visión. Mejorar o acelerar el proceso por el cual la córnea recupera su organización y por tanto su transparencia es uno de los puntos a conseguir debido a la importancia que tiene en cuanto a la calidad de vida de las personas.

Las quemaduras químicas suponen entre un 12% y un 19% de los traumatismos oculares² y afectan con mayor frecuencia a jóvenes de entre 20 y 40 años, en la mayoría de los casos en el entorno laboral.³

Debido a la limitación para estudiar las respuestas cicatriciales y los mecanismos de recuperación corneales a nivel fisiopatológico y bioquímico en humanos⁴, se ha hecho el estudio en conejos, que presentan una cornea muy similar en cuanto a comportamiento y organización.

Hay numerosos estudios realizados en éste ámbito para tratar de lograr un modelo más concreto sobre la transparencia corneal y desarrollar así tratamientos que logren una regeneración corneal rápida y con el menor daño permanente posible.^{2, 4}

La investigación de la que forma parte este trabajo de fin de grado cuenta con un análisis desde distintos puntos de vista: clínico, óptico o biofísico y celular o tisular. Agrupar todos ellos permitirá sacar conclusiones con mayor coherencia dado que están muy relacionados y son obviamente inseparables.

3. OBJETIVOS

La investigación llevada a cabo se trata de una investigación multidisciplinar orientada a comprender los fenómenos cicatriciales corneales. Se analizará este concepto desde distintos puntos de vista haciendo un seguimiento clínico, óptico o biofísico y celular o tisular.

Los objetivos de la parte biofísica, que es la elegida para este TFG, son:

- Describir el procedimiento de medida de transmitancias en córneas sanas y heridas con y sin tratamiento específico para la mejora de la cicatrización.
- Medida de la luz transmitida y absorbida por la córnea tras y/o durante procesos cicatriciales de la misma.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos en cuanto a transmitancia entre diferentes muestras, especialmente en el rango del espectro visible.

Una vez obtenidos los resultados ópticos de forma objetiva se pretende encontrar las causas que lo producen a nivel celular y tisular, tarea correspondiente a la continuación del estudio.

4. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas al inicio del estudio son:

- La transmitancia de una córnea como estructura óptica nos da información del estado de recuperación tras y/o durante un proceso cicatricial.
- A mayor grado de recuperación tisular mayor será la transmitancia del tejido.
- Córneas con altas transmitancias serán córneas mejor recuperadas y por tanto cabe esperar una mejor organización a nivel celular.
- La regulación de la cicatrización corneal con un tratamiento específico permitirá una mejora más rápida del tejido hacia la recuperación de sus propiedades originales.

5. MATERIALES Y MÉTODO EXPERIMENTAL

Una de las diferentes formas de analizar el grado de recuperación de una córnea previamente dañada es hacerlo ópticamente, midiendo la transmitancia de la misma. Se parte de la idea de que una córnea transparente supone un tejido organizado y tendrá por tanto alta transmitancia.

Se realizaron medidas de transmitancias en córneas tanto heridas como sanas con distintos tiempos de evolución; realizándose las medidas en tres fechas diferentes para un total de 26 córneas (13 conejos).

La primera fecha de medida corresponde a córneas sanas y heridas, ambas con tratamiento y un mes de evolución tras la herida. (Tabla 1.1)

La segunda fecha de medida corresponde a córneas sanas y heridas ambas sin tratamiento y 5 meses de evolución tras la herida. (Tabla 1.2)

La tercera fecha de medida corresponde a córneas sanas y heridas ambas sin tratamiento y más de 6 meses de evolución tras la herida. (Tabla 1.3)

5.1 Preparación de las córneas

Las corneas fueron divididas en dos grupos:

- Corneas control (CC)
- Corneas heridas (CH)

Siendo siempre las primeras correspondientes al ojo derecho (OD) y las segundas al ojo izquierdo (OI) de cada animal.

Las heridas producidas se realizaron por igual en todos los animales con un botón de sosa (NaOH) durante 1 minuto.

El tratamiento aplicado se trata de un silenciador de ARN que afecta a los canales de calcio que intervienen en la cicatrización corneal.

Se aplicó este tratamiento únicamente a las córneas correspondientes a la primera medida; las correspondientes al resto de medidas se dejaron que evolucionaran de forma natural para así analizar la cicatrización a distintos tiempos con y sin tratamiento.

Anteriormente a la extracción de las córneas, los animales son sacrificados con inyección intracardiaca de Doletal (pentobarbital) bajo previa anestesia general.

Las muestras fueron extraídas con material quirúrgico de tal forma que el corte no lesionara el tejido corneal. Se extrajeron las córneas haciendo el corte en la zona de la esclera más próxima a limbo. Esto ayuda además a que al colocar la muestra en la cámara portacórneas y cerrarla se ejerza presión sobre la esclera y no directamente sobre el tejido corneal.

5.2 Dispositivo experimental

El dispositivo con el que se realizaron las medidas de transmitancia está formado por varios elementos: una fuente de luz blanca, un diafragma, un portacórneas, un monocromador, una cámara OMA2 y un software específico.

La fuente de luz, el diafragma y el portacórneas se encuentran colocados sobre un banco óptico manteniendo entre ellos una distancia constante para todas las medidas. Todos ellos se encuentran alineados con el monocromador gracias a un sistema de alineamiento basado en un láser, un espejo y un diafragma.

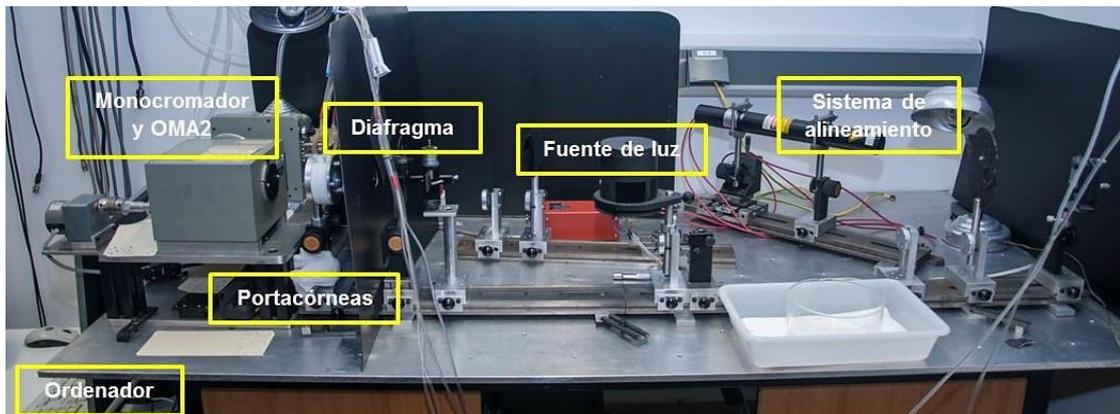


Figura 1. Esquema general del dispositivo experimental.

Diafragma o pupila:

Se coloca un diafragma a continuación de la fuente de luz para así unificar el diámetro de luz que le llega a la córnea. Esto permite analizar el paso de la luz siempre en un mismo diámetro de muestra. El diámetro del diafragma es de 3 mm y es constante para todas las medidas.

Cámara portacórneas:

La cámara donde va colocada la muestra a medir está diseñada para simular las condiciones reales del ojo del conejo. Teniendo en cuenta que se ha de mantener una posición fija de la córnea durante la medida, se diseñó una junta tórica similar a la geometría corneal para que así se acomodara mejor al tejido.

Para conseguir esa estabilidad necesaria de la muestra se ejerce presión en la zona de la esclera evitando así modificar el tejido a estudiar.

La córnea, una vez extraída, se coloca con ayuda de unas pinzas en la junta tórica de tal forma que la zona central del tejido quede lo más alineada posible con el agujero central de la cámara por el que pasará la luz.



Figura 2. Piezas portacórneas y herramientas necesarias para montarla. **Figura 3.** Cámara portacórneas montada.

La cámara presenta un suministro continuo de solución salina para intentar simular la diferencia de presión real entre cara anterior y posterior corneales (13 mmHg en conejos). Queda por tanto bañado el tejido en solución salina por ambas caras a diferentes presiones.



Figura 4. Suministro solución salina a distintas alturas.

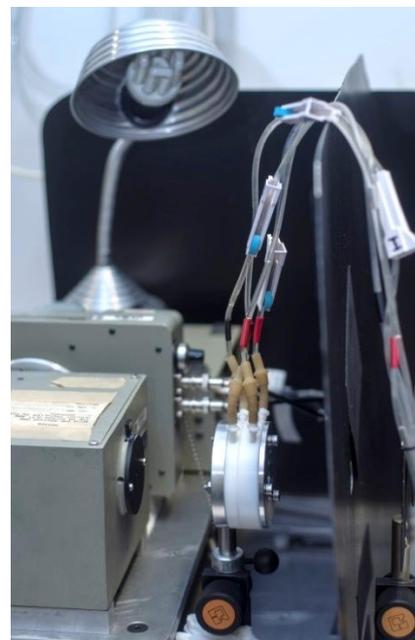


Figura 5. Situación de medida

Al colocar la muestra en la cámara y rellenar ésta con solución salina se tuvo especial cuidado en controlar que no quedaran burbujas de aire en la zona de medida ya que esto alteraría en gran medida las transmitancias finales.

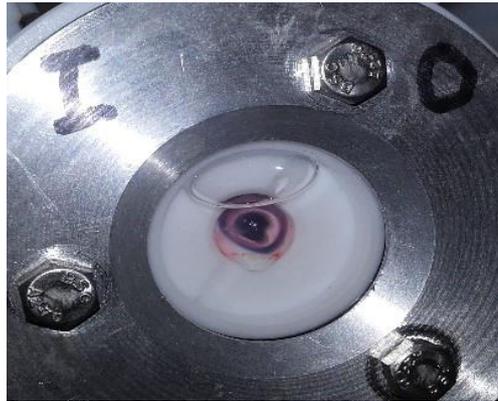


Figura 6. Situación de la muestra dentro de la cámara.

Monocromador y OMA2

El monocromador o espectrofotómetro se encuentra acoplado a una cámara OMA2 (Optical Multichannel Analyzer), que funciona como detector.

El monocromador dispersa la luz que recibe en distintas longitudes de onda y así nos permite analizar la cantidad de luz que la muestra transmite para cada zona del espectro (en este caso de 400 a 700 nm) en pasos de $\pm 5\text{nm}$.

La cámara OMA2 presenta dos modos de trabajo: pulsado y continuo. En este caso se utilizó el modo continuo para todas las medidas.

Tanto el monocromador como el OMA2 están controlados por un software, lo que permite una buena caracterización de las medidas.

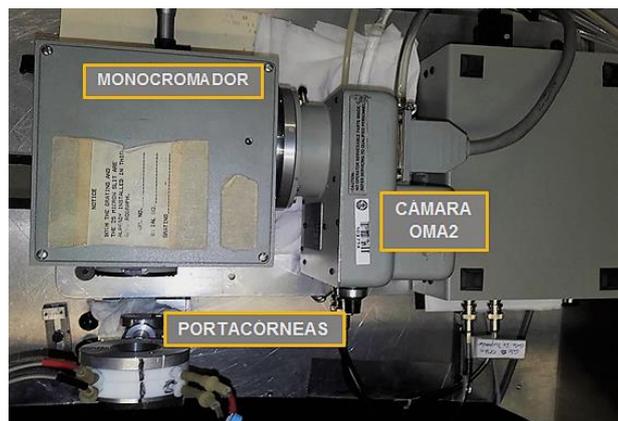


Figura 7. Monocromador acoplado a OMA2 y posición del portacórneas respecto a ambos.

5.3 Medida de transmitancias

Las medidas se realizaron en pasos de $\pm 5\text{nm}$ en el rango del espectro visible; yendo una medida desde 400 a 700 nm y la siguiente de 700 a 400 nm. Tablas 1.1, 1.2 y 1.3

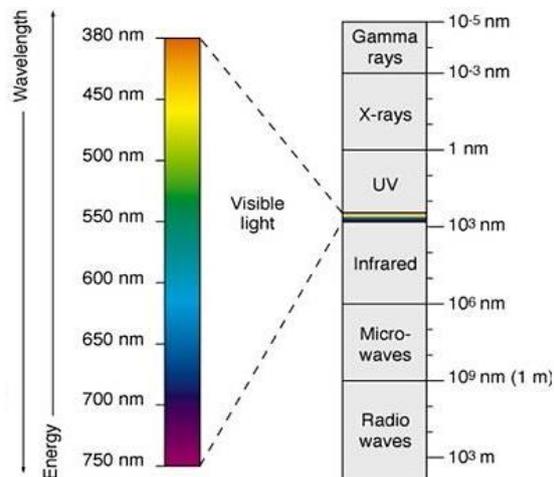


Figura 8. Esquema espectro electromagnético.

El tiempo va de 10 a 12 minutos desde que se extrae la córnea a medir hasta que finaliza la medida de la transmitancia en todas las longitudes de onda deseadas.

Se realizaron en cada fecha varias medidas con la cámara portacórneas sin muestra, es decir, solo con solución salina en su interior ("medidas soporte o en blanco"), además de las medidas de cada córnea.

Estas medidas en blanco nos dan información sobre las características y la estabilidad de la fuente de luz y nos permitirá analizar la transmitancia real del tejido aislado.

Para poder analizar esa transmitancia real del tejido aislado se corrigieron los datos brutos obtenidos al hacer la medida teniendo en cuenta la media de los soportes en cada fecha de medida.

En cuanto a la organización de los resultados, a cada conejo se le asignó un código, diferenciando la CH de la CC indicando el ojo correspondiente. *Ejemplo: el código C452(OI) correspondería a la córnea del ojo izquierdo (CH) del conejo número 452.*

Además, se asignó un código a cada medida de transmitancia para poder tener una mejor organización en cuanto al orden de medidas. *Ejemplo: CORNEA010 (décima medida), CORNEA 001 (primera medida)*

6. RESULTADOS

Soportes

Las medidas correspondientes a los soportes fueron muy similares en todas las fechas de medida. Esto indica que hay una gran precisión del procedimiento.

La fuente de luz emite más en la zona del espectro correspondiente a los rojos y menos en los azules, como se observa en la Figura 9.

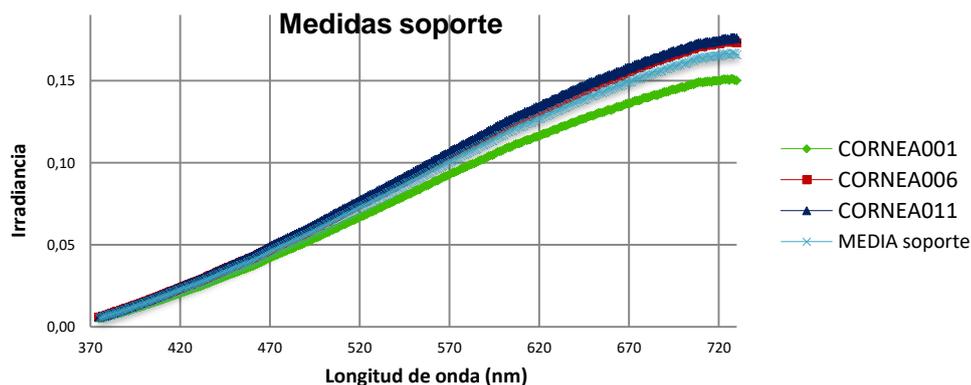


Figura 9. Irradiancia correspondiente a las medidas del soporte (sin córneas) en la primera fecha de medida. Todas las medidas son muy similares excepto la primera medida (CORNEA001); esto puede ser debido a que la lámpara no se había estabilizado aún.

Córneas control (CC)

Los resultados de transmitancias de las córneas sanas o córneas control fueron muy variables ya sea con o sin tratamiento. Además, no se observa una tendencia clara a lo largo del espectro en este grupo de muestras; el valor de la transmitancia es muy similar en todas las zonas del espectro. Todo ello se puede observar en la Figura 10 y Figura 11, correspondientes a dos fechas de medida distintas.

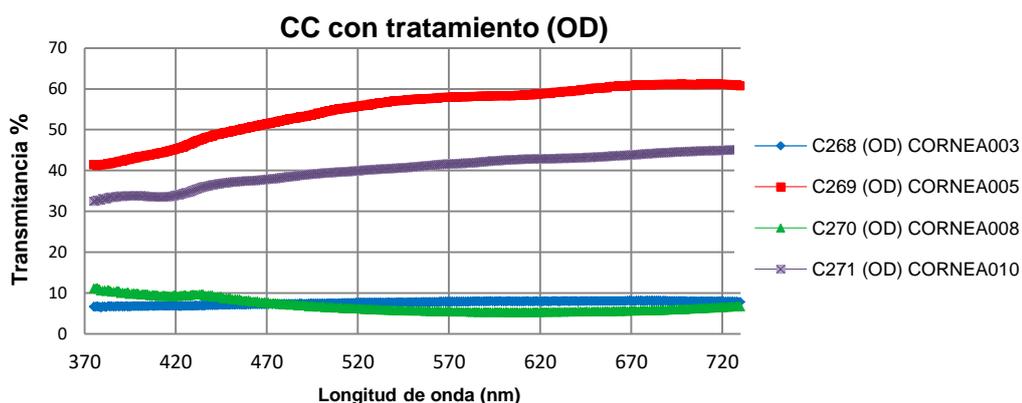


Figura 10. Transmitancia córneas control (OD) con tratamiento y un mes de evolución tras la herida.

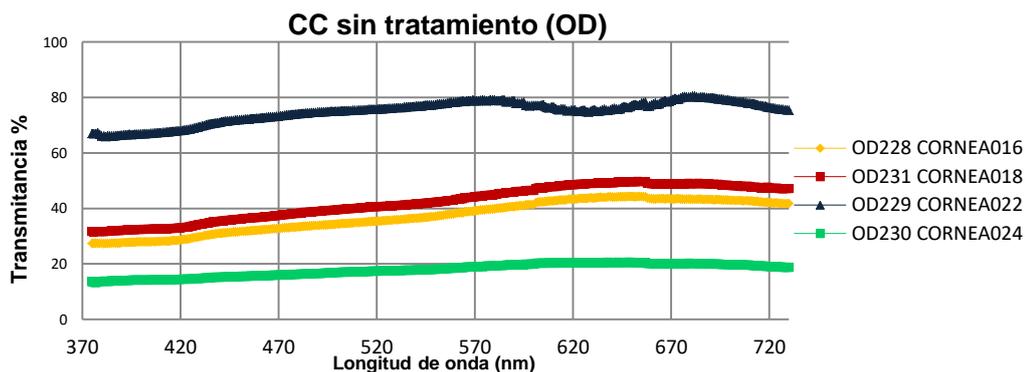


Figura 11. Transmitancia córneas control (OD) sin tratamiento y 5 meses de evolución tras la herida.

Córneas heridas (CH)

Las CH se analizaron primero con tratamiento y 4 semanas de evolución tras la herida; posteriormente se repitió el proceso sin tratamiento con 5 y más de 6 meses de evolución. Se consiguió así analizar tres situaciones diferentes para las CH.

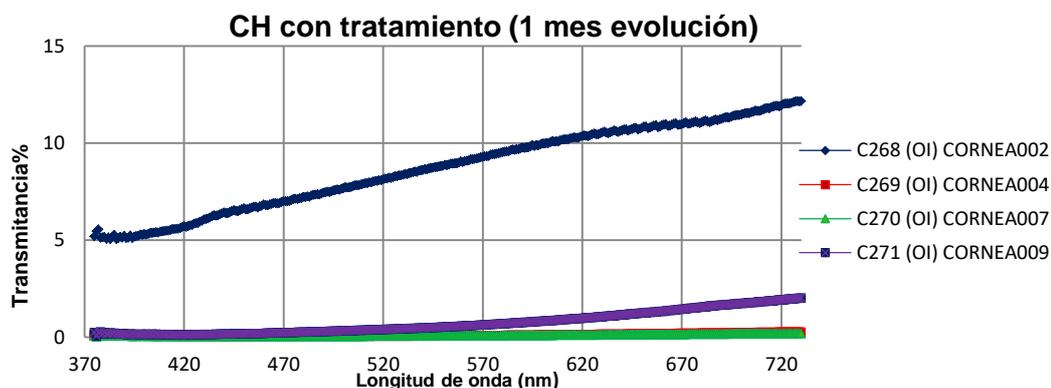


Figura 12. Transmitancia córneas heridas (OI) con tratamiento y un mes de evolución tras la herida.

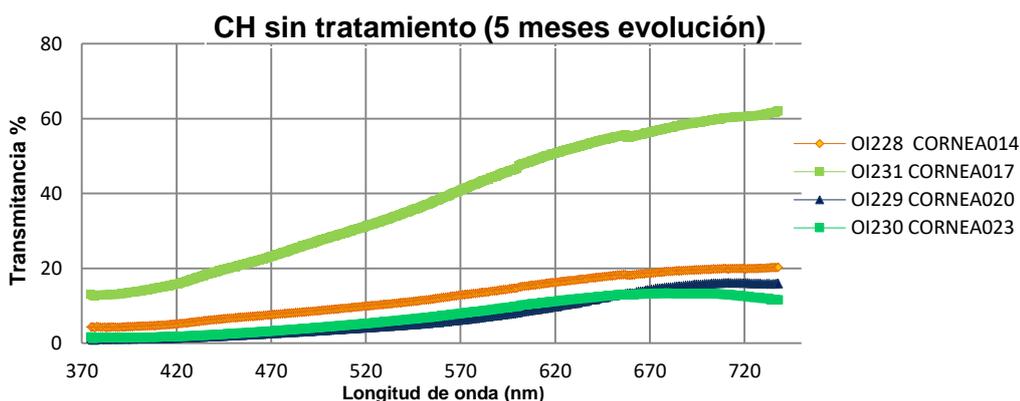


Figura 13. Transmitancia córneas heridas (OI) sin tratamiento y 5 meses de evolución tras la herida.

Se encontró una ligera mejor transmitancia en CH con mayor tiempo de evolución: en las CH con un mes tras la herida la transmitancia es prácticamente nula, mientras que las que llevaban cinco meses de evolución presentan transmitancias cercanas al 15-20%, sobre todo en longitudes de onda largas.

Como se puede observar en las figuras 12 y 13, las CH tienden a transmitir mejor las longitudes de onda correspondientes a los rojos y peor los azules; sin embargo seguimos encontrando una gran variabilidad en cuanto al porcentaje de transmitancia entre diferentes muestras ya sea con o sin tratamiento.

Encontramos CC con transmitancias muy bajas y CH con transmitancias muy altas, y viceversa. Además, córneas muy opacas a simple vista presentan una alta transmitancia y córneas transparentes a veces dan muy malas transmitancias.

Al haber una gran inestabilidad dentro de cada grupo de córneas (CC y CH) no procede realizar una comparación directa; no hay un comportamiento repetitivo dentro de los dos grupos de córneas.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Encontrar altas transmitancias en el rango del espectro visible (390 a 750 nm) sería indicativo de una recuperación de las propiedades ópticas corneales. Sin embargo, hay una gran variabilidad de transmitancias en todas las muestras, incluso en las córneas sanas (CC), cuya causa se desconoce. Para intentar encontrar la procedencia de estos resultados se barajaron distintas alternativas a estudiar. En un principio, se analizó si estaba influyendo el tiempo que pasa desde que se extrae la córnea hasta que finaliza la medida en todas las longitudes de onda deseadas en el sentido de que pudiera haber cierta degradación del tejido y como consecuencia un empeoramiento de las propiedades ópticas. Para comprobar esto se realizaron dos medidas continuadas de una misma muestra (C240 (OD), CORNEA043 y CORNEA044), y se observó que el tiempo estaba afectando de forma negativa a la transmitancia, siendo ligeramente menor la correspondiente a la segunda medida en un 10% (Figura 14).

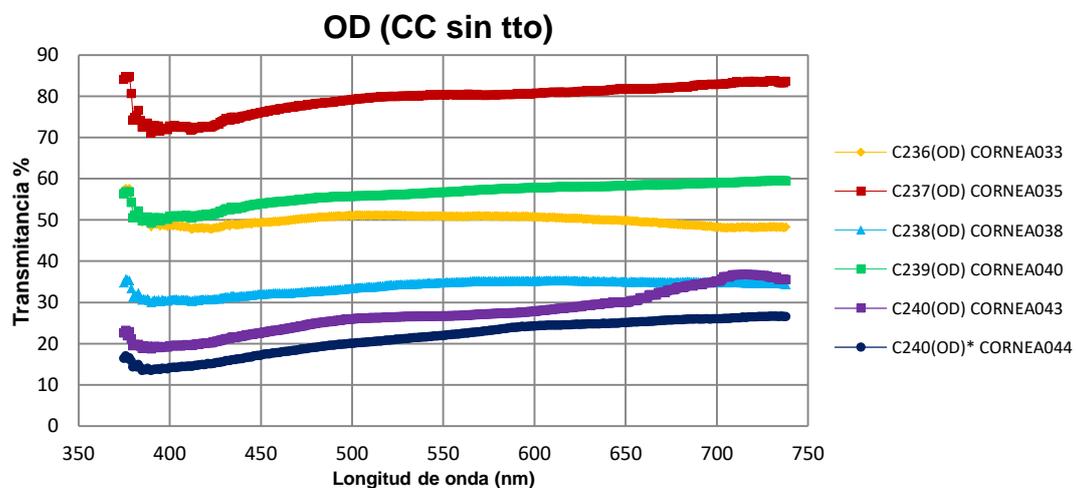


Figura 14. Transmitancia córneas control (OD) sin tratamiento y más de 6 meses de evolución tras la herida.

Una vez conocido que hay una clara influencia del tiempo, otro aspecto a tener en cuenta es que no todas las córneas se midieron en el mismo orden de longitudes de onda, sino que unas se midieron de 400 a 700 nm y la siguiente medida se realizó de 700 a 400 nm. Por tanto no todas las córneas fueron analizadas para cada longitud de onda en las mismas condiciones de tiempo.

Para intentar solucionar este problema se analizó la relación de la medida de 400 nm con la de 700 nm para cada córnea y se observó una clara similitud entre las córneas control por un lado y las heridas por otro.

Además, se analizó para cada conejo la relación de transmitancias entre ambos ojos; es decir, la relación entre CH y CC (OI y OD respectivamente). Se encontró que había un comportamiento razonable en este sentido para la mayoría de las medidas analizadas como se puede observar en la Figura 15.

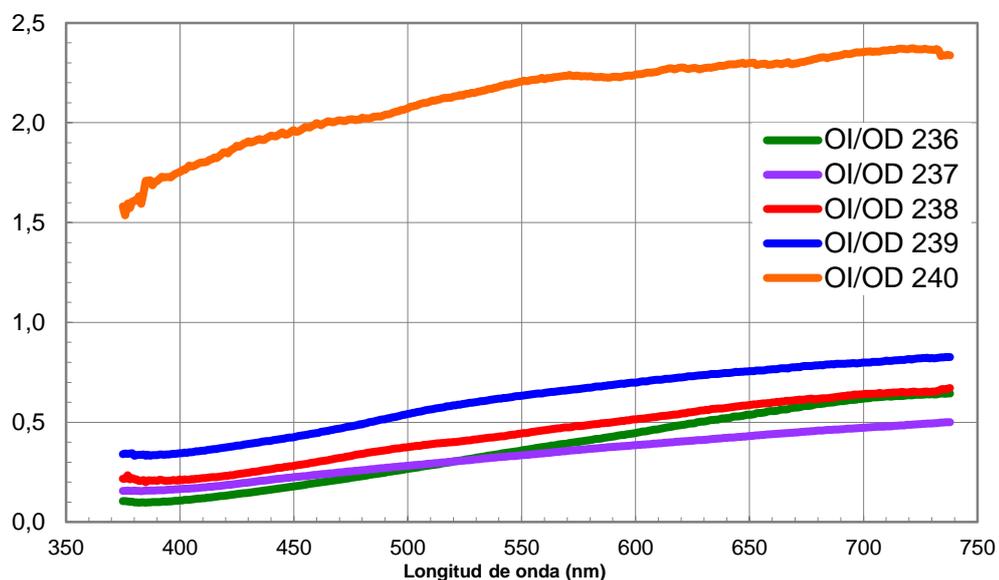


Figura 15. Relación entre transmitancia OI y OD de los conejos 236 al 240.

Respecto a los otros puntos de vista que se analizan en la investigación se encontró que no había una relación directa entre las diferentes transmitancias y la organización celular ni tampoco con la estructura tisular; encontrándose de nuevo una gran variabilidad en todos los aspectos estudiados.

Uno de los parámetros que se barajó en este ámbito como posible responsable de la variabilidad de resultados fue el grosor corneal o paquimetría de cada muestra. Se analizaron por tanto todas las medidas corrigiendo el espesor de cada córnea para comprobar si era determinante en las transmitancias finales. Entre los resultados obtenidos destacaba una uniformidad razonable entre las distintas muestras, encontrándose transmitancias entre el 30% y el 65% en la mayoría de las CC y entre 0% y 45% en CH.

Los valores de transmitancia en CH son inferiores que en CC como cabría esperar desde un principio.

Tras estudiar todas las anteriores posibles causas que podrían estar originando la gran variabilidad de resultados se procedió a realizar las medidas de transmitancia evitando la presión que ejercía la junta tórica de la cámara portacórneas sobre el tejido escleral. Se valoró previamente la posibilidad de que esa presión necesaria para mantener la muestra en una posición estable podría estar deteriorando el tejido corneal durante el tiempo que éste se encontraba en la cámara; es decir, durante la medida de la transmitancia.

Se diseñó una nueva junta de tal manera que no se ejercía presión directa sobre ningún tejido y los resultados obtenidos fueron más constantes y regulares tanto en córneas control como en córneas heridas. Figura 16, Figura 17.

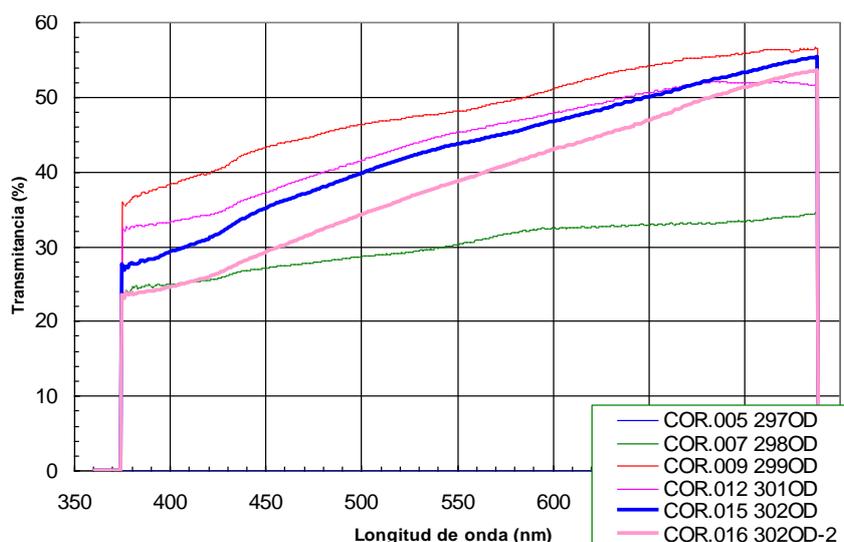


Figura 16. Transmitancia, en tanto por ciento, de las córneas de control. Las dos de trazo grueso corresponden a la misma córnea, la superior se hizo primero.

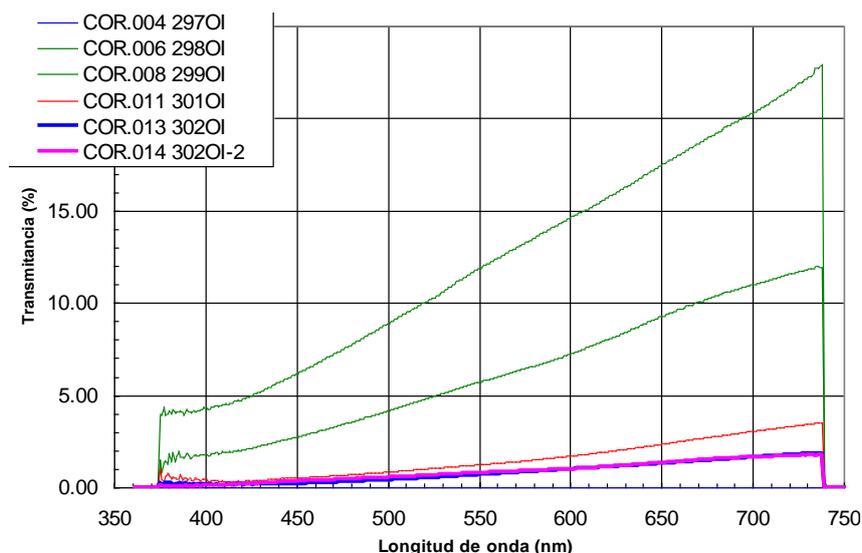


Figura 17. Transmitancias, en tanto por ciento, de las córneas heridas. Las dos de trazo grueso corresponden a la misma córnea.

8. CONCLUSIONES

No todas las córneas sanas tienen una elevada transmitancia como cabría esperar. Esto puede deberse a varios factores como pueden ser: mal diseño del método experimental, fallos en las medidas o incluso por una gran variabilidad biológica y de parámetros entre animales.

Al corregir los factores que se creía que estaban dando lugar a una gran variabilidad de resultados experimentales se obtienen resultados más coherentes y se encuentran comportamientos similares dentro de un mismo grupo de muestras. Por ello, es necesaria una continuación de la investigación para alcanzar nuevas conclusiones más determinantes.

Hasta donde se ha estudiado en el marco de este TFG las conclusiones obtenidas son las siguientes:

El tiempo de evolución tras la herida es un factor importante para la recuperación corneal tras un proceso cicatricial. A mayor tiempo de evolución tras la herida hay una mejora en la transmitancia de las córneas heridas, lo que es indicativo de una cierta recuperación.

No hay grandes diferencias entre las córneas tratadas y las que se dejaron que evolucionaran de forma natural por lo que no podemos afirmar que el tratamiento aplicado sea efectivo en la mejora de la cicatrización corneal.

Las CH presentan transmitancias inferiores que las CC y en todos los tiempos de evolución analizados tienden a transmitir mejor las longitudes de onda larga; es decir, que absorben parte del espectro (longitudes de onda corta) y por tanto no dejan pasar toda la luz correspondiente al visible. Desde un punto de vista óptico; esto significa un empeoramiento en la calidad visual final. Es por tanto necesaria una mejor cicatrización corneal para una recuperación completa de las propiedades corneales tanto ópticas como mecánicas y bioquímicas.

9. ANEXOS: TABLAS Y FIGURAS.

	FICHERO	$\Delta\lambda$ (nm)	
Soporte	CORNEA 001	700-400	Soporte
C268 (OI)	CORNEA 002	400-700	CH
C268 (OD)	CORNEA 003	700-400	CC
C269 (OI)	CORNEA 004	400-700	CH
C269 (OD)	CORNEA 005	700-400	CC
Soporte	CORNEA 006	400-700	Soporte
C270 (OI)	CORNEA 007	700-400	CH
C270 (OD)	CORNEA 008	400-700	CC
C271 (OI)	CORNEA 009	700-400	CH
C271 (OD)	CORNEA 010	400-700	CC
Soporte	CORNEA 011	700-400	Soporte

Tabla 1.1 Códigos asignados a conejos y medidas en la primera fecha de medidas. Córneas con tratamiento.

	FICHERO	$\Delta\lambda$ (nm)	
Soporte	CORNEA 012	400-700	Soporte
Soporte	CORNEA 013	700-400	Soporte
C228(OI)	CORNEA 014	400-700	CH
C228(OD)	CORNEA 015	700-400	CC
C231(OI)	CORNEA 017	400-700	CH
C231(OD)	CORNEA 018	700-400	CC
Soporte	CORNEA 019	400-700	Soporte
C229(OI)	CORNEA 020	400-700	CH
C229(OD)	CORNEA 022	700-400	CC
C230(OI)	CORNEA 023	400-700	CH
C230(OD)	CORNEA 024	700-400	CC
Soporte	CORNEA 025	400-700	Soporte

Tabla 1.2 Códigos asignados a conejos y medidas en la segunda fecha de medidas. Córneas sin tratamiento y 5 meses de evolución.

	FICHERO	$\Delta\lambda$ (nm)	
Soporte	CORNEA 030	400-700	Soporte
C236(OI)	CORNEA 031	700-400	CH
C236(OI)*	CORNEA 032	400-700	CH
C236(OD)	CORNEA 033	700-400	CC
C237(OI)	CORNEA 034	400-700	CH
C237(OD)	CORNEA 035	700-400	CC
Soporte	CORNEA 036	400-700	Soporte
C238(OI)	CORNEA 037	700-400	CH
C238(OD)	CORNEA 038	400-700	CC
C239(OI)	CORNEA 039	400-700	CH
C239(OD)	CORNEA 040	700-400	CC
Soporte	CORNEA 041	400-700	Soporte
C240(OI)	CORNEA 042	700-400	CH
C240(OD)	CORNEA 043	400-700	CC
C240(OD)*	CORNEA 044	400-700	CC
Soporte	CORNEA 045	700-400	Soporte

Tabla 1.3 Códigos asignados a conejos y medidas en la tercera fecha de medidas. Córneas sin tratamiento y más de 6 meses de evolución.

*segunda medida de una misma muestra

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema general del dispositivo experimental.
- Figura 2. Piezas portacórneas y herramienta necesaria para montarla.
- Figura 3. Cámara portacórneas montada.
- Figura 4. Suministro solución salina a distintas alturas.
- Figura 5. Situación de medida.
- Figura 6. Situación de la muestra dentro de la cámara.
- Figura 7. Monocromador acoplado a OMA2 y posición del portacórneas respecto a ambos.
- Figura 8. Esquema espectro electromagnético.
- Figura 9. Gráfica irradiancia correspondiente a las medidas del soporte (sin córneas) en la primera fecha de medida.
- Figura 10. Gráfica transmitancia córneas control (OD) con tratamiento y 4 semanas de evolución tras la herida.
- Figura 11. Gráfica transmitancia córneas control (OD) sin tratamiento y 5 meses de evolución tras la herida.
- Figura 12. Gráfica transmitancia córneas heridas (OI) con tratamiento y un mes de evolución tras la herida.
- Figura 13. Gráfica transmitancia córneas heridas (OI) sin tratamiento y 5 meses de evolución tras la herida.
- Figura 14. Transmitancia córneas control (OD) sin tratamiento y más de 6 meses de evolución tras la herida.
- Figura 15. Relación entre transmitancia OI y OD de los conejos 236 al 240.
- Figura 16. Transmitancia, en tanto por ciento, de las córneas de control. Las dos de trazo grueso corresponden a la misma córnea, la superior se hizo primero.
- Figura 17. Transmitancias, en tanto por ciento, de las córneas heridas. Las dos de trazo grueso corresponden a la misma córnea.

10. ABREVIATURAS UTILIZADAS

- TFG: Trabajo Fin De Grado
- OMA2: Optical Multichannel Analyzer 2
- OI: Ojo Izquierdo
- OD: Ojo Derecho
- CH: Córneas Heridas
- CC: Córneas Control

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Marquez-De-Aracena R, Montero-De-Espinosa I, Munoz, M, Pereira G. Aplicación subconjuntival de concentrado de plaquetas plasmáticas en el tratamiento de quemaduras oculares: Resultados preliminares. *Arch SocEspOftalmol* [online].2007,vol.82,n.8. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912007000800005&lng=es&nrm=iso ISSN 0365-6691. (30 de marzo 2017)
2. Iribarren B, Osvaldo y Gonzalez G, Claudio. Quemaduras por agentes químicos. *Cuad.cir. (Valdivia)*, dic. 2001, vol.15, no.1: 61-69. ISSN 0718-2864.
3. Martinez-Garcia MC, Merayo-Lloves JM, Blanco-Mezquita T, Mar-Sardaña S. "Wound healing following refractive surgery in hens", *Exp. Eye Res.* 83-4, 728-735 (2006)
4. Meek K, Knupp C. Corneal structure and transparency. *Progress in Retinal and Eye Research.* 2015.
5. Martinez MC, Blanco JT, Mar S, Merayo JM, Torres RM. Measurement and scattering during wound healing in hen corneas. *Journal of Modern Optics.* 2009; 56:1014-1021.
6. Mateus S. Medida de la transmitancia en córneas de conejos mediante un espectrofotómetro. (30 de Marzo de 2017) <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/19268/1/TFM-G%20549.pdf>

12. BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

- Santodomingo J, Villa Collar C. En: González Méijome Jm, Villa Collar C. Superficie Ocular y Lentes de Contacto. Capítulo 2. La córnea: anatomía y fisiología básica. 37-68
- Martinez MC, Blanco JT, Mar S, Merayo JM, Torres RM. Investigación en cicatrización corneal. 2017.
- Pérez P, Martinez MC, Blanco T, Mar S, Pérez A, Merayo JM. Corneal light Transmission and Roughness After Refractive Surgery. *Optometry and Vision Science.* 2010; 87: 469-474.
- R. J. Pelaez "Estudio de las regularidades en el ensanchamiento stark de los gases nobles una vez ionizados"