

# Determinación de la absorción UV-A 365 nm por distintos polímeros y diseños de lentes de contacto para posible utilización en técnicas de *cross-linking* asistido sobre córneas ultrafinas (CLACXL)

Abel J. Szeps, Nicolás M. Femia, María C. González Rota, Fabián O. Monges

*Centro de Ojos Liniers, Buenos Aires, Argentina*

---

**Recibido:** 24 de agosto de 2017.

**Aceptado:** 8 de noviembre de 2017.

## Correspondencia

Dr. Abel J. Szeps  
Centro de Ojos Liniers  
Av. Rivadavia 11022  
1408 Buenos Aires  
Teléfono: 011 3528-0433  
abelszeps@gmail.com

**Oftalmol Clin Exp** (ISSN 1851-2658)

2017; 10(4): 113-123.

## Resumen

**Objetivo.** Determinar experimentalmente la capacidad de absorción/transmisión de radiación UV-A que presentan distintos materiales y parámetros de lentes de contacto para su potencial utilización posterior como protectores en técnicas de *crosslinking* sobre córneas ultrafinas (contact lens-assisted *cross-linking* [CLACXL]).

**Materiales y métodos.** Se sometieron a radiación UV-A 365 nm, 42 (cuarenta y dos) lentes de contacto (LC) de distintos materiales y parámetros (etafilcón A, senofilcón, hilafilcón B, lotrafilcón B, confilcón A, ocufilecón D y silicona clear). Todas las lentillas fueron interpuestas entre la radiación y un dispositivo UV-A meter para registrar la fracción de radiación transmitida por cada una y se repitió luego la experiencia en algunas muestras tras el embebido con riboflavina-dextrán al 0,1%, hipo e isotónica.

**Resultados.** Se encontró una significativa diferencia de absorción entre los distintos polímeros utilizados: algunos de los materiales estudiados (etafilcón A y senofilcón) absorbieron hasta el 90% de la radiación UV-A/B (UV-blocker clase I); los restantes, en cambio, presentaron un porcentaje de absorción menor y más efectivo para las técnicas de CLACXL con fluctuaciones entre el 11% y el 49% (silicona clear: 11%-16%; hilafilcón B: 16%-24%; lotrafilcón B: 18%-26%; confilcón A: 17%-27%; ocufilecón D: 39%-49%). Como se esperaba,

los materiales tintados presentaron más absorción que los transparentes. El embebido de las lentes en soluciones de riboflavina hipo e iso-osmolar elevó hasta cinco veces la absorción, lo que permitió un pobre pasaje de radiación UV-A a su través.

**Discusión.** Realizar un seguro y efectivo “cross-linking corneal con lente de contacto protector” (CLACXL) requiere de un especial cuidado en la elección del tipo de LC y de polímero. Las lentes que mostrarían una mayor cobertura para las necesidades del CLACXL debieran presentar baja absorción UV-A-365 nm (10%-45%) y mayor disponibilidad de oxígeno (hidrogel de silicona clear de alto DK/L). La absorción necesaria según el espesor corneal podría entonces regularse mediante la variación de espesores y poderes.

**Palabras clave:** CLACXL, córnea ultrafina, absorción corneal, UV-A, lentes de contacto.

### Measurement of UV-A 365 nm absorption by different polymers and contact lens designs for potential use in assisted cross-linking in ultra-thin corneas (CLACXL)

#### Abstract

**Objective.** Experimental determination of absorption/transmission of UV-A radiation by different contact lens materials and parameters for their potential subsequent use as protectors in crosslinking techniques performed in ultra-thin corneas (contact lens-assisted cross-linking [CLACXL]).

**Materials and methods.** A total of 42 (forty-two) contact lenses (CL) of different materials and parameters (etafilcon A, senofilcon, hilafilcon B, lotrafilcon B, comfilcon A, ocufilecon D and silicone clear) were exposed to UV-A 365 nm. All lenses were interposed between radiation and a UV-A meter device to record the radiation fraction transmitted by each one, and this was subsequently repeated in some samples after soaking them with hypo- and isotonic riboflavin-dextran 0.1%.

**Results.** A significant difference in absorption was found between the different polymers used: some of the materials studied (etafilcon A and senofilcon) absorbed up to 90% of UV-A/B radiation (UV-blocker class 1), whereas the others had a lower absorption coefficient that was more ef-

fective for CLACXL techniques, with fluctuations between 11% and 49% (silicone clear: 11%-16%; hilafilcon B: 16%-24%; lotrafilcon B: 18%-26%; comfilcon A: 17%-27%; ocufilecon D: 39%-49%). As expected, tinted materials had more absorption than transparent ones. Lenses soaked with hypo- and isoosmolar riboflavin solutions increased their absorption up to five times, thus enabling a poor UV-A radiation passage through them.

**Discussion.** Performing an effective corneal cross-linking using a protective contact lens (CLACXL) requires special care in the selection of the type of CL and polymer to be used. Lenses more closely meeting the needs of CLACXL should have low UV-A-365 nm absorption (10%-45%) and greater oxygen availability (high Dk/L silicone hydrogel clear). The absorption required according to corneal thickness could thus be regulated by varying thickness and power.

**Key words.** CLACXL, ultra-thin cornea, corneal absorption, UV-A, contact lenses.

### Determinação da absorção UV-A 365 nm por distintos polímeros e desenhos de lentes de contato para possível utilização em técnicas de *cross-linking* assistido sobre córneas ultrafinas (CLACXL)

#### Resumo

**Objetivo.** Determinar experimentalmente a capacidade de absorção/transmissão de radiação UV-A apresentada por distintos materiais e parâmetros de lentes de contato para sua potencial utilização posterior como protetores em técnicas de *cross-linking* sobre córneas ultrafinas (contact lens-assisted cross-linking [CLACXL]).

**Materiais e métodos.** Submeteram-se a radiação UV-A 365 nm, 42 (quarenta e dois) lentes de contato (LC) de distintos materiais e parâmetros (etafilcon A, senofilcon, hilafilcon B, lotrafilcon B, comfilcon A, ocufilecon D e silicone clear). Todas as lentes de contato foram interpostas entre a radiação e um dispositivo medidor UV-A para registrar a fração de radiação transmitida por cada uma e se repetiu logo a experiência em algumas mostras

trás o embebido con riboflavina-dextran 0,1%, hipotónica e isotónica.

**Resultados.** Encontrou-se uma significativa diferencia de absorção entre os distintos polímeros utilizados: alguns dos materiais estudados (etafilcon A e senofilcon) absorveram até 90% da radiação UV-A/B (UV-blocker classe I); os restantes, de outro lado, apresentaram uma percentagem de absorção menor mais efetivo para as técnicas de CLACXL com flutuações entre 11% e 49% (silicone clear: 11%-16%; hilafilcon B: 16%-24%; lotrafilcon B: 18%-26%; confilcon A: 17%-27%; oculofilcon D: 39%-49%). Como era esperado, os materiais tingidos apresentaram maior absorção que os transparentes. O embebido das lentes em soluções de riboflavina hipo e iso-osmolar elevou até cinco vezes a absorção, o que permitiu uma débil passagem de radiação UV-A.

**Discussão.** Realizar um seguro e efetivo “cross-linking corneano com lente de contato protetora” (CLACXL) requiere de um especial cuidado na eleição do tipo de LC e de polímero. As lentes que mostrariam uma maior cobertura para as necessidades do CLACXL deveriam apresentar baixa absorção UV-A-365 nm (10%-45%) e maior disponibilidade de oxígeno (hidrogel de silicone clear de alto DK/L). A absorção necessária segundo a espessura corneana poderia então ser regulada mediante a variação de espessuras e poderes.

**Palavras chave:** CLACXL, córnea ultrafina, absorção corneana, UV-A, lentes de contato.

## Introducción

En la actualidad, el cross-linking corneal con UV-A y riboflavina se posiciona como la herramienta más novedosa y efectiva para el control de la progresión en distintos tipo de ectasias.

Los trabajos de Spoerl, Seiler, Wollensack y otros afirman que esta técnica es totalmente segura y efectiva sólo en córneas sin epitelio con espesores mayores a 400 µm y no recomiendan su aplicación en córneas con espesores menores<sup>1-6</sup>. Existe controversia acerca del tratamiento adecuado para córneas ectásicas con progresión en rango sub-400 µm; la efectividad del cross-linking trans-epitelial (TCXL) está cuestionada y también

la seguridad de técnicas con soluciones de riboflavina hipoosmolar y/o debridamiento epitelial guiado paquimétricamente<sup>17-19</sup>.

En la actualidad, mientras tanto, un gran número de pacientes con queratocono, en especial jóvenes con ectasia avanzada, se hallan a la espera de algún tipo de queratoplastia por no cumplir con los requisitos de la técnica convencional.

## Crosslinking transepitelial para córneas delgadas (TCXL)

Los resultados tempranos de estudios piloto de crosslinking corneal transepitelial en córneas ultrafinas sugieren que la no remoción del epitelio actuaría como factor de protección y seguridad con buenos resultados en cuanto al freno de la progresión de la ectasia; sin embargo, el epitelio corneal y la membrana de Bowman muestran simultáneamente, un coeficiente de absorción para UV-A 365 nm similar o sólo levemente mayor que el del estroma y grandes dificultades para la difusión de la riboflavina<sup>2,6-7</sup>.

## Absorción corneal de radiación UV-A, UV-B

Se puede interpretar por algunos estudios sobre absorción de radiación UV que dejar el epitelio no sólo no brindaría protección contra la radiación UV-A, sino que, por el contrario, actuaría selectivamente dificultando la difusión de riboflavina y el correcto embebido estromal; esto ayudaría a reducir fuertemente el poder de absorción UV-A de la córnea, transformándose así en un mayor factor de riesgo (aun más en córneas ultrafinas)<sup>2</sup>.

Una córnea con epitelio y espesor total de 550 µm absorbe más del 99% de radiación UV-B (280 nm) pero sólo entre el 75% y el 80% de UV-A (365 nm). Un estroma de 500 µm tras debridar el epitelio (30 a 50 µm) alcanzaría una fracción de absorción de alrededor del 60%<sup>2</sup>.

A partir de este último trabajo citado es posible inferir la absorción UV-A de distintos espesores estromales, con y sin epitelio.

Los 400 µm de estroma de una córnea “con epitelio” absorberían alrededor de un 65% de radiación UV-A (365 nm) y que 300 µm, 200 µm y 100

$\mu\text{m}$  absorberían 50%, 40% y 30% respectivamente (sin epitelio se absorbería un 20% menos).

Dicho de otro modo, una córnea de 400  $\mu\text{m}$  dejaría pasar un 35% de UV-A y la riboflavina intraestromal pasaría a ser entonces el mecanismo de seguridad para que esta radiación no llegue en proporciones nocivas más allá de los 350  $\mu\text{m}$  de profundidad, lo que concuerda con los trabajos iniciales de Spoerl y Seiler (la riboflavina eleva la absorción hasta niveles seguros; el daño celular ocurre a intensidades de UV > 0.35 mw/cm<sup>2</sup>)<sup>1</sup>.

El porcentaje de absorción necesario para llevar una córnea ultradelgada a las mismas condiciones de seguridad existentes por encima de los 400  $\mu\text{m}$  se puede observar en la tabla 1.

Ante la necesidad de aplicación de las técnicas de crosslinking en pacientes con córneas delgadas y la controversia sobre la mala difusión de la riboflavina en las córneas con epitelio se han desarrollado nuevas estrategias que pueden brindar seguridad y eficacia en estos casos simultáneamente.

### **Contact lens assisted cross linking (CLACXL)**

El crosslinking corneal con lente de contacto de seguridad (*contact lens-assisted collagen cross-linking* o CLACXL (por sus siglas en inglés) es una variante del CXL donde la seguridad y la protección de estructuras posteriores viene dada por lentes de contacto colocados durante la realización del tratamiento<sup>5</sup>.

Los reportes acerca de esta metodología no indican el criterio de selección de las lentes de contacto utilizadas ni la fracción efectiva de radiación UV-A que se estaría aportando al estroma corneal; estos hechos conspiran contra la validación de la técnica aunque el tipo de intervención aparenta ser intuitivamente seguro.

### **Absorción UV de las lentes de contacto**

Existen trabajos acerca de la capacidad de absorción de algunos materiales en las nuevas lentes de contacto<sup>8-16</sup> pero estos están realizados en función del beneficio de un buen bloqueo UVA/UVB y no desde el punto de vista del porcentaje adecuado de transmisión.

Debido al efecto deletéreo de la radiación UV sobre la superficie ocular y las estructuras profundas los fabricantes de lentes de contacto adicionan bloqueantes UV-A/B a sus materiales<sup>20</sup>. Estos se clasifican, entonces, de acuerdo con su capacidad de absorción (tabla 2).

La seguridad y la eficacia de las técnicas de crosslinking con lentes de contacto de seguridad sobre córneas delgadas requieren de un adecuado conocimiento de las fracciones de radiación UV-A (365 nm) absorbidas/transmitidas por los distintos polímeros que constituyen las lentes, como así también de las magnitudes de radiación UV-A (365 nm) que puede absorber el estroma corneal.

**Tabla 1.** Absorción corneal aproximada de UV-A 365 nm (sobre los 400  $\mu\text{m}$  > a 65%).

Espesor corneal	Con epitelio	Absorción faltante	Sin epitelio	Absorción faltante
350 $\mu\text{m}$	55%	10%	35%	30%
300 $\mu\text{m}$	50%	15%	30%	35%
250 $\mu\text{m}$	45%	20%	25%	40%
200 $\mu\text{m}$	40%	25%	20%	45%
150 $\mu\text{m}$	35%	30%	15%	50%

**Tabla 2.** Absorción UV de lentes de contacto.

Clase 1: bloqueo del 96% de los rayos UV-A y 100% de los rayos UV-B.

Clase 2: bloqueo del 70% de los rayos UV-A y 95% de la radiación UV-B.

Al conocer parámetros de seguridad para la absorción estromal de UV-A (365 nm) se ha procedido en el presente trabajo a la determinación de las fracciones de absorción/transmisión de tal radiación que se encontró en una pequeña aunque variada muestra de lentes de contacto disponibles en el mercado local.

Estas determinaciones podrían ser útiles para la adecuada selección de lentes de contacto en las técnicas de CLACXL para córneas ultrafinas (sub-400 μm).

## Materiales y métodos

Cuarenta y dos lentes de contacto (LC) se sometieron a radiación UV-A de 365 nm con distintos materiales y potencias (fig. 1), recogiendo la fracción de radiación transmitida por los mismos en un UV-A lighth-meter ubicado por detrás de la lente irradiada. Luego se repitió la experiencia con el embebido de riboflavina iso e hipotónica sólo en algunas muestras (se eligieron solamente las que podían entrar en rango útil). Las 42 lentillas utilizadas se distribuyeron de la siguiente manera:

Seis lentes blandas hidrogel de silicona clear (GPerm); 18 (dieciocho) lentes de contacto hidrofílicas desechables tintadas, Soflens 59 (Bausch & Lomb), Biomedic 55 evolution (Cooper Vision), Acuvue 2 (Johnson & Johnson) y 18 (dieciocho) lentes de contacto desechables tintadas de hidrogel de silicona, Air Optix (Ciba/Alcon), Biofinity (Cooper Vision) y Acuvue Oasys (Johnson & Johnson).



Figura 1. Lentes de contacto utilizadas.

- Soflens 59, hidrogel convencional ilafilecón B, 59% hidratación, DK 22 x 10<sup>-11</sup>
- Biomedic 55 evolution, hidrogel convencional, Ocufilecón D, DK 27x10<sup>-11</sup>, UV-blocker
- Acuvue 2, hidrogel convencional, etafilecón A, 58% hidratación, DK/T 25.5x10<sup>-9</sup>, c/UV blocker II.
- Air Optix Aqua, hidrogel de silicona, lotrafilecón B, esp. central: 0.08 mm (PW-3.00D).
- Biofinity, hidrogel de silicona, confilecón A, DK/T 160x10<sup>-11</sup>
- Acuvue Oasys, hidrogel de silicona, senofilecón, 38% hidratación, DK/T 147x10<sup>-9</sup> c/UV blocker I.
- Dispositivo de CXL, "Intacs XL-Cross Linking System" (fig. 2).
- Gperm Clear, hidrogel de silicona clear, 38% hidratación.
- Todas las lentes de contacto tenían los siguientes poderes: -3,00/-2,00/-1,00/+1,00/+2,00/+3,00.
- Se utilizó solución isotónica de riboflavina 0,1%-dextran 20% y riboflavina hipotónica (fig.3).
- UV- lighth A y B meter (fig. 4).
- Se definió la fracción de transmisión UV-A de la siguiente manera:

$$F_T = I_T / I_0$$

y la fracción de absorción UV-A como:

$$F_T = (I_0 - I_T) / I_0$$

$F_T$  = FRACCIÓN DE TRANSMISIÓN /  $I_0$  = RADIACIÓN INCIDENTE /  
 $I_T$  = RADIACIÓN TRANSMITIDA



Figura 2. Dispositivo de CXL "Intacs XL-crosslinking system".



**Figura 3.** Embebido de la lente de contacto en distintas soluciones de riboflavina.



**Figura 4.** UV A-B light meter.

## Resultados

Luego de someter repetidamente a radiación UV-A 365 nm (3 mw/cm<sup>2</sup> aprox.) las distintas lentes de contacto seleccionadas para la prueba con o sin embebido de riboflavina, se elaboraron las tablas de absorción promedio en porcentaje o fracción porcentual según material y parámetros que se muestran en tablas 3 y 4 y figuras 5 y 6.

## Observaciones

Los valores indicados de radiaciones incidentes y transmitidas como así también sus promedios y fracciones son el resultado de la media de tres mediciones consecutivas.

Las celdas sombreadas indican alta absorción a la radiación UV debido a la utilización de lentes de contacto con filtros especiales (UV-blockers), “Oasys”/senofilcón (clase I) absorbe hasta el 96% de UV-A y el 100% de UV-B y “Acuvue” / etafilcón A (clase II) absorbe hasta el 70% de UV-A y el 95% de UV-B.

El embebido de las lentes en riboflavina-dextran (isotónica) o riboflavina hipotónica se realizó durante 15 y 30 minutos previa deshidratación de las lentes por 5 (cinco) minutos.

## Discusión

Se observa claramente que los polímeros utilizados por algunos laboratorios fueron diseñados en función del poder del bloqueo UV (clase I y II) y esta sensible ventaja para los usuarios de lentes de contacto se transforma en dificultad para la metodología de la técnica en la que se utilizarán.

Los resultados obtenidos muestran una significativa diferencia de absorción de acuerdo con los polímeros y la potencia/espesores analizados; el agregado de riboflavina a la muestra aumenta hasta 5 (cinco) veces la absorción y se alcanza más rápido la saturación cuando se utiliza riboflavina hipotónica. El embebido en riboflavina más allá de los 15 minutos no produce cambios significativos en la fracción absorbida.

Por otra parte, las lentes embebidas —salvo un solo caso— alcanzan porcentajes de absorción muy altos para las necesidades habituales en técnicas de CLACXL y, por lo tanto, se podría concluir que en la casi totalidad de las pruebas realizadas pueden alcanzarse los diferentes porcentajes de absorción sólo variando polímeros y parámetros sin la necesidad de embeber las lentes.

## Destacados

- Las lentes de contacto muestran ser suficientemente seguras no sólo de manera terapéutica para el control del dolor posquirúrgico sino como protectores durante el procedimiento.
- La técnica de CLACXL podría aplicarse con suficiente seguridad a pacientes con córneas ultrafinas, incluso en los que están en lista de espera para trasplante.
- La necesidad de oxígeno para el procedimiento llevaría a la utilización de lentes con alto DK/L y menor porcentaje de hidratación (bajo módulo); se colocarían después del embebido corneal.
- Las lentes de contacto -3,00 D son las que presentan un menor espesor central; sería conveniente fijar parámetros para luego seleccionar el polímero adecuado de acuerdo con la absorción requerida según el espesor corneal.

## Conclusiones

El crosslinking corneal con lentes de contacto de seguridad en córneas ultrafinas se posiciona como una variante segura del crosslinking clásico si se tiene especial cuidado en la elección del polímero adecuado para la realización de la técnica. Existe una gran variación de UV-A transmitida por las distintas lentillas disponibles en el mercado y no se encuentra necesario que sean embebidas con riboflavina.

Las lentes que han mostrado una mayor cobertura para todas las necesidades son las que presentan menor absorción UV-A y mayor disponibilidad de oxígeno.

La absorción puede aumentarse o disminuirse mediante la variación de espesores y poderes.

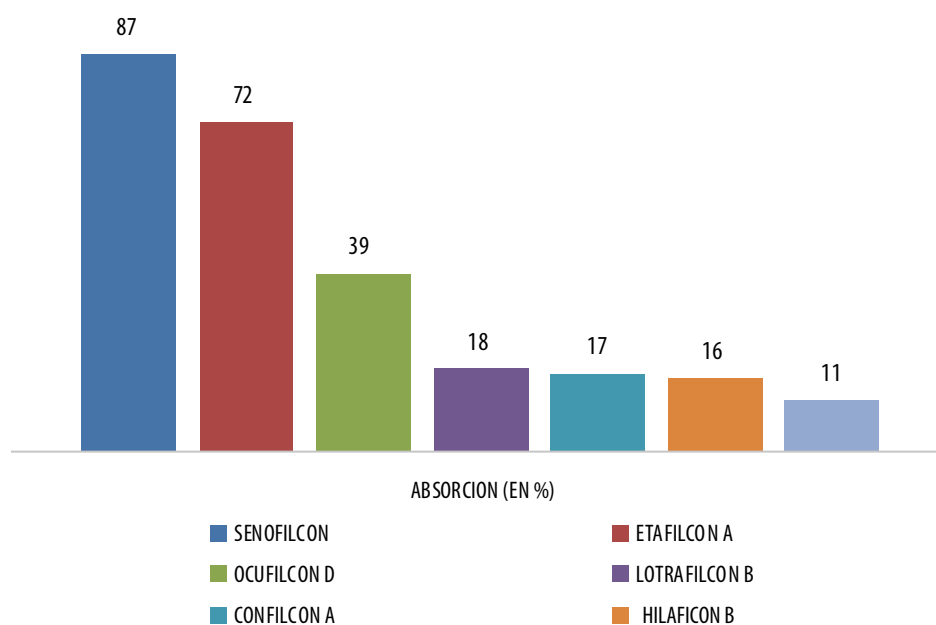
**Tabla 3.** Porcentajes de absorción de UVA-A (365 nm).

	PODER	UV-A INCIDENTE (mW/cm <sup>2</sup> )	TRANSMISIÓN UV-A (mW/cm <sup>2</sup> )	RADIACIÓN ABSORBIDA	FRACCIÓN ABS (I <sub>0</sub> - I <sub>T</sub> ) / I <sub>0</sub>	ABSORCIÓN (%)	
<b>HIDROGELES CONVENCIONALES TINTADOS</b>	<b>ETAFILCON A</b>	3.00	3.00	0.57	2.43	0.81	81.00
		2.00	3.00	0.69	2.31	0.77	77.00
		1.00	2,97	0.75	2.22	0.75	75.00
		- 1.00	2.99	0.78	2.21	0.74	74.00
		- 2.00	3.00	0.78	2.22	0.74	74.00
		- 3.00	3,02	0.85	2.17	0.72	72.00
	<b>OCUFILCON D</b>	3.00	2,99	1.53	1.46	0.49	49.00
		2.00	3.00	1.62	1.38	0.46	46.00
		1.00	3.02	1.69	1.33	0.44	44.00
		- 1.00	3.00	1.74	1.26	0.42	42.00
		- 2.00	2.98	1.76	1.22	0.41	41.00
		- 3.00	2.97	1.81	1.16	0.39	39.00
	<b>HILAFILCON B</b>	3.00	3.00	2.28	0.72	0.24	24.00
		2.00	3.00	2.37	0.63	0.21	21.00
		1.00	3.00	2.43	0,57	0.19	19.00
		- 1.00	3.00	2.49	0.51	0.17	17.00
		- 2.00	2.98	2.47	0.51	0.17	17.00
		- 3.00	2.97	2.50	0.47	0.16	16.00
<b>HIDROGELES DE SILICONA TINTADOS</b>	<b>SENOFILCON</b>	3.00	3.01	0,16	2.85	0,95	95.00
		2.00	3.01	0.18	2.83	0.94	94.00
		1.00	3.00	0.24	2.76	0.92	92.00
		- 1.00	2.98	0.30	2.68	0.90	90.00
		- 2.00	2.97	0.33	2.64	0.89	89.00
		- 3.00	3.02	0,40	2.62	0.87	87.00
	<b>LOTRAFILCON B</b>	3.00	3.00	2.22	0.78	0.26	26.00
		2.00	3.00	2.28	0.72	0.24	24.00
		1.00	3.00	2.31	0.69	0.23	23.00
		- 1.00	2.98	2.35	0.63	0.21	21.00
		- 2.00	2.99	2.39	0.60	0.20	20.00
		- 3.00	2.99	2.45	0.54	0.18	18.00
	<b>CONFILCON A</b>	3.00	3.00	2.19	0.81	0.27	27.00
		2.00	3.01	2.26	0,75	0.25	25.00
		1.00	3.00	2.25	0.75	0.25	25.00
		- 1.00	3.00	2.40	0.60	0.20	20.00
		- 2.00	2.98	2.41	0.57	0.19	19.00
		- 3.00	3.00	2.49	0.51	0.17	17.00
<b>Porcentajes de absorción de UVA-A (365 nm) no tintados.</b>							
<b>HIDROGELES DE SILICONA</b>	<b>SILICONA CLEAR</b>	3.00	3.00	2.52	0.48	0.16	16.00
		2.00	2.99	2.55	0.44	0.14	15.00
		1.00	2,97	2.53	0.44	0.14	15,00
		- 1.00	3.00	2.61	0.39	0.12	13.00
		- 2.00	3.00	2.61	0.39	0.12	13.00
		- 3.00	3,02	2.68	0.33	0.08	11.00

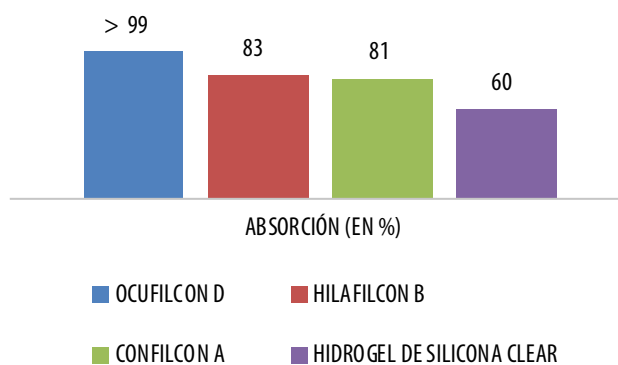


**Tabla 4.** Porcentajes de absorción UV-A (365 nm) con y sin riboflavina.

	PODER	RADIACIÓN UV-A INCIDENTE (mW/cm <sup>2</sup> )	ABSORCIÓN PROPIA (%)	ABSORCIÓN RIBOFLAVINA ISOTÓNICA (%)		ABSORCIÓN RIBOFLAVINA HIPOTÓNICA (%)	
				15'	30'	15'	30'
<b>HILAFILCON B</b>	-3.00	2.97	16.00	80	80	83	84
<b>CONFILCON A</b>	-3.00	3.00	17.00	79	80	81	81
<b>SILICONA CLEAR</b>	-3.00	3.00	11.00	53	58	58	61



**Figura 5.** Porcentaje de absorción para -3,00 DP.



**Figura 6.** Porcentajes de absorción con riboflavina hipotónica para -3,00 DP (embebido 15 minutos).

La mayor disponibilidad de oxígeno se alcanza con polímeros de hidrogel de silicona clear de alto DK/L.

Al conjugar los resultados de *papers* sobre fracciones de absorción UV corneal con los obtenidos en este trabajo con respecto de la absorción UV de lentes de contacto, se podría concluir que las lentes de contacto ideales para reemplazar el estroma faltante en las técnicas de CLACXL deberían tener un rango de absorción entre 10% y 45%, pudiendo alcanzarse estos valores combinando materiales y parámetros de distinta manera. Sería necesaria la confección de una tabla de selección de parámetros y materiales.

## Referencias

1. Spoerl E, Huhle M, Seiler T. Induction of cross links in corneal tissue. *Exp Eye Res* 1998; 66: 97-103.
2. Kolozsvári L, Nógrádi A, Hopp B, Bor Z. UV absorbance of the human cornea in the 240- to 400-nm range. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43: 2165-8.
3. Mitchell J, Cenedella RJ. Quantitation of ultraviolet light-absorbing fractions of the cornea. *Cornea* 1995; 14: 266-72.
4. Nagy ZZ, Hiscott P, Seitz B, Shlötzer-Schrehardt U, Süveges I, Naumann GO. Clinical and morphological response to UV-B irradiation after excimer laser photorefractive keratectomy. *Surv Ophthalmol* 1997; 42: S64-76.
5. Soosan J. Novel cross-linking technique for thin corneas utilizes contact lenses. *Ocular Surg News US* Dec. 10, 2013.
6. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-A-induced collagen cross-linking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2003; 135: 620-7.
7. Spadea L, Mencucci R. Transepithelial corneal collagen cross-linking in ultrathin keratoconic corneas. *Clin Ophthalmol* 2012; 6: 1785-92.
8. Moore L, Ferreira JT. Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2006; 29: 115-22.
9. DeLoss KS, Walsh JE, Bergmanson JP. Current silicone hydrogel UVR blocking lenses and their associated protection factors. *Cont Lens Anterior Eye* 2010; 33: 136-40.
10. Giblin FJ, Lin LR, Leverenz VR, Dang L. A class I (senofilcon A) soft contact lens prevents UVB-induced ocular effects, including cataract, in the rabbit in vivo. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52: 3667-75.
11. Walsh JE, Bergmanson JP. Does the eye benefit from wearing ultraviolet-blocking contact lenses? *Eye Contact Lens* 2011; 37: 267-72.
12. Walsh JE *et al.* Quantification of the ultraviolet radiation (UVR) field in the human eye in vivo using novel instrumentation and the potential benefits of UVR blocking hydrogel contact lens. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 1080-5.
13. Walsh JE, Koehler LV, Fleming DP, Bergmanson JP. Novel method for determining hydrogel and silicone hydrogel contact lens transmission curves and their spatially specific ultraviolet radiation protection factors. *Eye Contact Lens* 2007; 33: 58-64.
14. Andley UP, Malone JP, Townsend RR. Inhibition of lens photodamage by UV-absorbing contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52: 8330-41.
15. Chandler HL, Reuter KS, Sinnott LT, Nichols JJ. Prevention of UV-induced damage to the anterior segment using class I UV-absorbing hydrogel contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 172-8.
16. Kwok LS, Kuznetsov VA, Ho A, Coroneo MT. Prevention of the adverse photic effects of peripheral light-focusing using UV-blocking contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 1501-7.
17. Barbara R, Abdelaziz L, Barua A, Garzozzi H, Barbara A. Collagen corneal cross-linking and the epithelium. *Int J Kerat Ect Cor Dis* 2012; 1: 179-184.

18. Al-Aqaba M. The effect of standard and transepithelial ultraviolet collagen cross-linking on human corneal nerves: an ex vivo study. *Am J Ophthalmol* 2012; 153: 258-66.
19. Buzzonetti L, Petrocelli G. Transepithelial corneal cross-linking in pediatric patients: early results. *J Refract Surg* 2012; 28: 763-7.
20. Chandler H, Nichols J. UV protection with contact lenses. *Optometry Today* 2011; 51: 8-37.
21. Richoz O, Hammer A, Tabibian D, Gatzoufas Z, Hafezi F. The biomechanical effect of corneal collagen cross-linking (CXL) with riboflavin and UV-A is oxygen dependent. *Transl Vis Sci Technol* 2013; 2: 6.