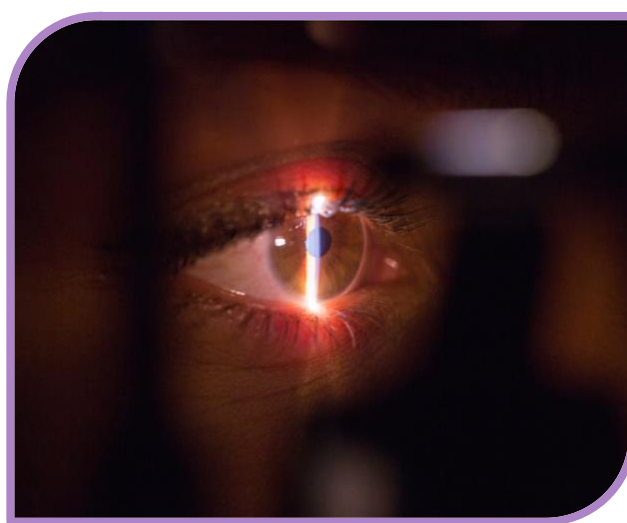




UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**MUBICS**

## Análisis de Imágenes Biomédicas



### Práctica 2: Córnea irregular

Profesor: Dr. Jorge Novo Buján

---

**Pedro Sánchez García**

Curso 2021-2022





## Práctica 2. Córnea irregular

---

### Introducción

---

La práctica 2 se encuentra en el contexto del estudio clínico sobre la relación córnea-lente de contacto, donde la notable variabilidad en la morfología ocular de los pacientes resulta clave en el ajuste de la lente a cada uno de los casos. En la actualidad, una gran parte de los análisis de esta naturaleza se basan en la tomografía óptica del segmento anterior (OCT-AS), donde el experto clínico procede manualmente a delimitar las regiones de interés y calcula posteriormente la distancia. No obstante, este procedimiento resulta ineficiente, pues precisa el tratamiento de ruido, delimitar las regiones de interés evitando discontinuidades y establecer unas distancias que mantengan la coherencia. Por tanto, ante evaluaciones de irregularidad en la córnea, es precisa la generación de metodologías que puedan ser automatizadas y faciliten el uso clínico.

### Objetivo

---

El principal objetivo de la práctica 2 es el planteamiento de un conjunto de fases con diversas técnicas para extraer las regiones de interés en la relación córnea-lente de contacto y alcanzar un estadístico representativo en la evaluación del ajuste entre ambas.

### Metodología

---

Para alcanzar el objetivo establecido, se llevaron a cabo numerosas pruebas, cuyas fases y resultados alcanzados se explican en esta sección.

#### Prueba 1.

1. Suavizado de imagen con filtro gaussiano (tamaño 3).
2. Umbralización adaptativa.
3. Filtro de Canny.
4. Determinación de contornos.

Con estas fases se pretendía efectuar una aproximación basada en el uso de contornos, con el fin de extraer las regiones de interés. A pesar de que la umbralización adaptativa permite lograr una adecuada definición de las regiones, tal y como se refleja tras aplicar el filtro de Canny, el empleo de la detección de contornos no funciona, implicando una pérdida de las imágenes.

#### Prueba 2.

1. Suavizado de imagen con filtro gaussiano (tamaño 3).
2. Umbralización de Otsu.
3. Detección de contornos (sobre: imagen tratada, imagen con filtro gaussiano y directamente sobre las imágenes originales).

En este caso, mediante la umbralización de Otsu, se mejora notablemente la intensidad de las imágenes, así como la ausencia de salientes y discontinuidades en las regiones de interés. Al igual que en la prueba anterior, la detección de contornos en los diferentes casos no se produce con éxito, de modo que se descartó esta prueba para intentar un enfoque como el de la Prueba 3.

### Prueba 3. Basada en el Jupyter Notebook “Descriptores de formas”

1. Umbralización binaria y eliminación de ruido por segmentación (tamaño de kernel: 3).
2. Detección de contornos sobre las imágenes tratadas || Filtro de Canny.
3. Sobre las imágenes tratadas y con filtro de Canny aplicado, se procede a la reducción de ruido y discontinuidades a través de operadores morfológicos (cierre y apertura con tamaño de kernel: 7).

Esta prueba se ha realizado con fases tratadas en el Jupyter Notebook correspondiente a “Descriptores de formas”. Con la umbralización binaria y la posterior eliminación de ruido por segmentación, se puede apreciar que los resultados siguen la tendencia de la umbralización de Otsu, aunque mejora ligeramente la reducción de ruido. Además, una vez aplicado el filtro de Canny, la reducción de ruido por apertura y cierre resulta un aspecto difícil de tratar.

Por otra parte, no se logra avanzar con la aproximación de contornos, de modo que en base al resultado del filtro de Canny aplicado en las imágenes, las discontinuidades existentes en la región anterior de la córnea han llevado a descartar esta prueba.

### Prueba 4.

1. Suavizado con filtro gaussiano (tamaño: 3) y posterior aplicación de operador Top hat (tamaño: 7).
2. Filtro de Canny.
3. Reducción de ruido a través de dilataciones (tamaño de kernel: 5) y erosiones (tamaño de kernel: 7).

El uso de dilataciones y erosiones sobre las imágenes tratadas con filtro gaussiano y filtro de Canny, pone de manifiesto que resulta difícil lograr una combinación de reducción de ruido-extracción de regiones de esta manera. En consecuencia, se procedió a la realización de otra prueba, siguiendo el plan que personalmente había establecido.

### Prueba 5.

1. Suavizado con filtro gaussiano (tamaño: 3).
2. Umbralización binaria y eliminación de ruido por segmentación (tamaño de kernel: 3).
3. Erosión (tamaño de kernel: 3) para eliminar salientes en las regiones de interés y tratar el ruido.

En términos generales, esta prueba conduce a unos resultados similares a los de la Prueba 3, donde se reduce el ruido considerablemente y hay una mejora en las regiones de interés con respecto a las discontinuidades. Sin embargo, la imagen 1 conforma un problema, pues a pesar de modificar los umbrales mínimo y máximo del filtro de Canny, hay una presencia de discontinuidades que dificulta la extracción de la región anterior de la córnea.

Por tanto, se determinó efectuar ciertos ajustes siguiendo posteriormente estas fases, tal y como se refleja en la Prueba 6.

### Prueba 6.

1. Ecualización local (tamaño de kernel: 21).
2. Suavizado con filtro gaussiano (tamaño: 3).
3. Umbralización binaria y eliminación de ruido por segmentación (tamaño de kernel: 3).
4. Erosión (tamaño de kernel: 3) para eliminar salientes en las regiones de interés y tratar el ruido.
5. Filtro de Canny.

En esta Prueba 6, se ha tomado como base las fases de la Prueba 5. La principal diferencia radica en que se ha optado por establecer una ecualización local al inicio, con el fin de intentar solucionar las discontinuidades de la imagen 1 en la región anterior de la córnea. Desafortunadamente, los resultados muestran un incremento en el ruido y ausencia de una estructura clara en torno a la región anterior de la córnea. Por tanto, se descartó el procedimiento efectuado.

### Prueba 7.

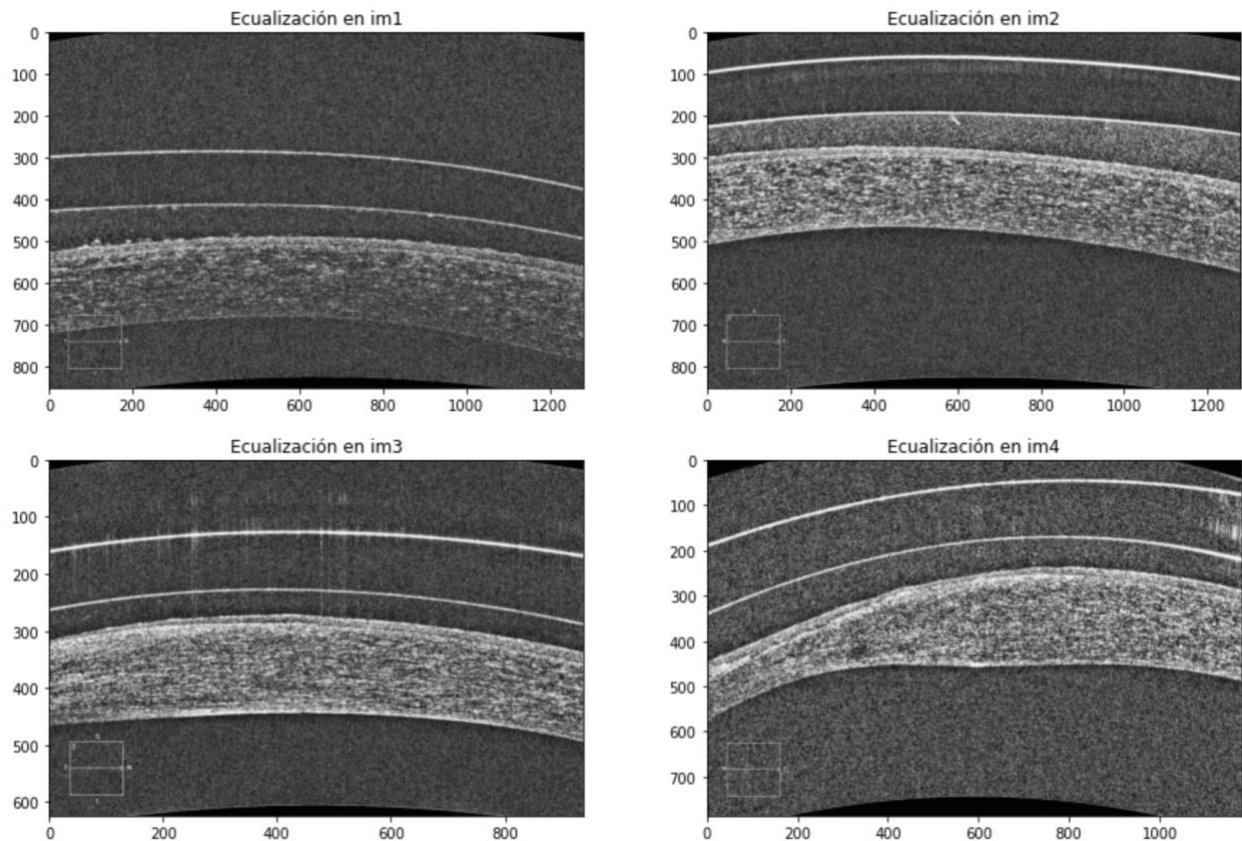
1. Suavizado con filtro gaussiano (tamaño: 3).
2. Filtro Top hat (tamaño: 21).
3. Tratamiento del ruido con apertura (tamaño de kernel: 3) / erosión (tamaño de kernel: 3).
4. Filtro de Canny sobre: imagen con filtro Top hat, imagen con filtro Top hat y tratadas con apertura, imagen con filtro Top hat y tratadas con erosión.

En general, para cada uno de los resultados se aprecia la misma problemática de ruido u discontinuidades en la región anterior de la córnea, incluso empeorando en imágenes donde en otras pruebas anteriores no se producía este patrón. Alcanzado el final de esta prueba, se tomó la determinación de evaluar el tamaño de filtro gaussiano y del filtro de Canny, tal y como se recoge en la Prueba 8, con el fin de lograr una mejora sustancial para el objetivo de la práctica.

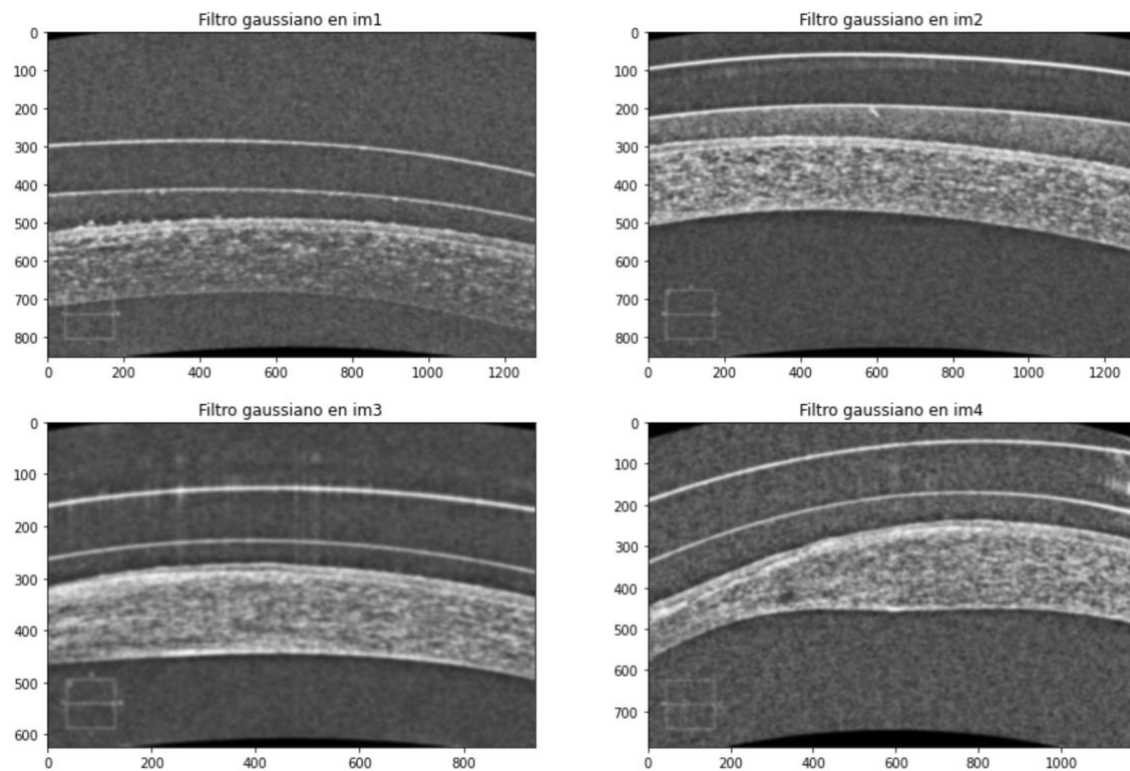
## Prueba 8.

1. Ecualización local (tamaño de kernel: 21).
2. Suavizado con filtro gaussiano más robusto (dimensiones del kernel: 21x17).
3. Filtro de Canny (ajuste de umbrales mínimo-máximo a 20-90).

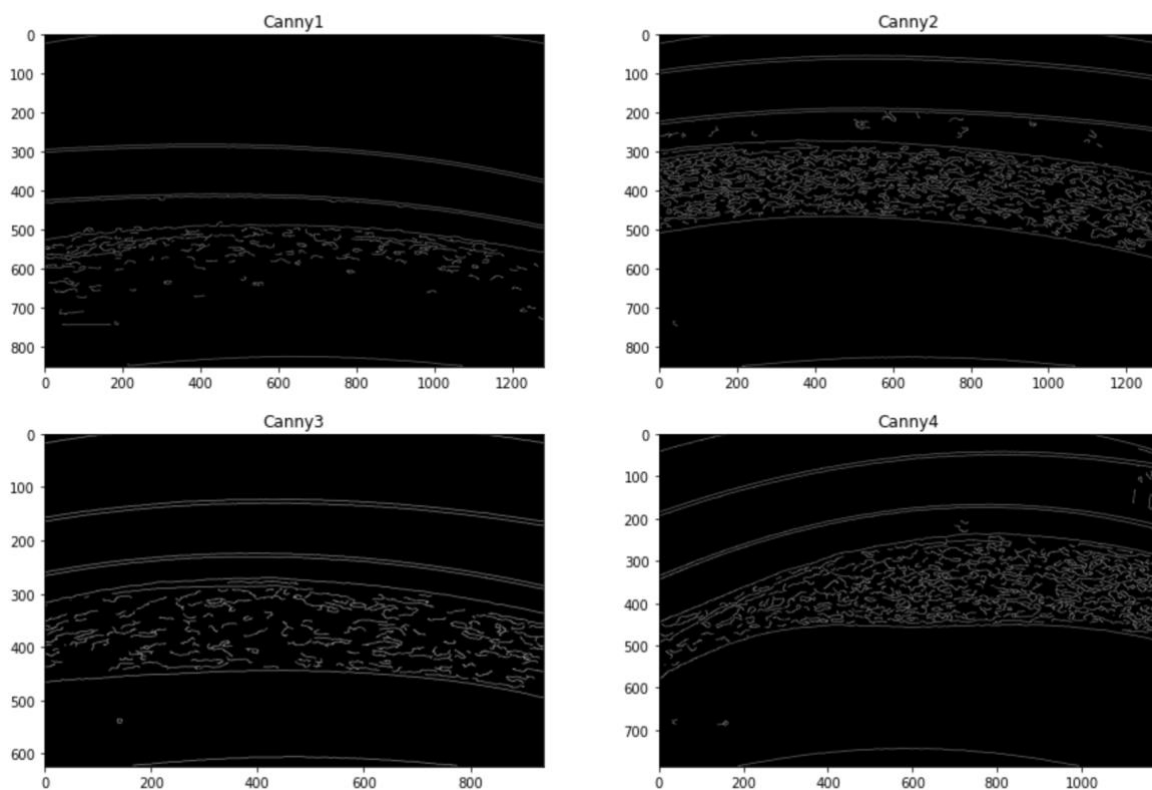
Con este último procedimiento, se trata de lograr una marcada homogeneidad en la intensidad de la imagen, de ahí el incremento acusado en el tamaño del kernel a 21 con la ecualización local:



Posteriormente, el suavizado se realiza con un filtro gaussiano más robusto, elevando el tamaño de filtro a 21:



En consecuencia, ajustando el filtro de Canny con umbrales mínimo-máximo a 20-90, se logra una mejora significativa en la continuidad de las regiones de interés, sobretodo en la imagen 1, que ha conformado el principal problema en esta práctica:



En base a los resultados alcanzados con este procedimiento, se decidió emplearlo en el planteamiento de la métrica para el análisis de las regiones de interés.

### Determinación de las distancias

Una vez que se ha segmentado la región de la córnea y de la lente de contacto, sobre los resultados alcanzados con la Prueba 8, se procedió al planteamiento de la métrica, que permite el análisis de la relación córnea-lente en términos de las distancias verticales.

Para lograr una definición de la métrica, se tomó como referencia la primera columna de la imagen con el filtro de Canny aplicado. En ella, se estableció posteriormente la condición de obtener aquellos píxeles que fuesen iguales a 255. Con el array alcanzado, se observó que las posiciones correspondientes a las posiciones de interés, es decir, la región anterior de la lente y la región anterior de la córnea corresponden a las posiciones 0 y 4 del array, respectivamente:

```
# Teniendo en cuenta la primera columna y la totalidad de las filas, seleccionamos aquellas filas de la matriz que presentan valor de 255:

# Canny 1:
columna_prueba1 = canny1[:,0]
blanco_1 = np.where(columna_prueba1==255)
print(blanco_1)

# En base al array obtenido, apreciamos que las posiciones que nos interesan corresponden con la posición 0 (región anterior de la lente de contacto)
# y la posición 4 (región anterior de la córnea). En consecuencia, la distancia se traduce en la diferencia entre ambas posiciones:
distancia_1 = blanco_1[0][4]-blanco_1[0][0]
print(distancia_1)
```

De esta forma, en cada una de las imágenes se itera sobre las columnas, con la condición de aquellos píxeles iguales a 255, almacenando los resultados de las diferencias entre los puntos analizados en una lista. Finalmente, sobre esta se procede al cálculo de la media y desviación estándar.

```
distancias = []
for i in range(0, len(canny1[0,:])):
    columna_canny1 = canny1[:,i]
    blanco_1 = np.where(columna_canny1==255)
    distancia_1 = blanco_1[0][4]-blanco_1[0][0]
    distancias.append(distancia_1)

# Finalmente, se determina la media y desviación típica de las distancias calculadas en cada imagen:
print('La distancia media entre la región anterior de la lente y la anterior de la córnea en la imagen 1 es ', round(np.mean(distancias),2))
print('La desviación típica de las distancias calculadas en la imagen 1 es ', round(np.std(distancias),2))
```



## Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados alcanzados en cada una de las imágenes:

Imagen	Distancia media $\pm$ Desviación estándar
im1.jpeg	267.33 $\pm$ 109.7
im2.jpeg	214.38 $\pm$ 23.26
im3.jpeg	181.92 $\pm$ 48.18
im4.jpeg	208.94 $\pm$ 42.58

En general, podemos apreciar que en las imágenes im1, im2 e im4 hay una distancia media más elevada entre la región anterior de la córnea y la región anterior de la lente. Además, en el caso de la imagen im1, la desviación estándar es notablemente elevada, lo que pone de manifiesto la dificultad que ha conformado la extracción de la región anterior de la córnea en este caso. Como interpretación en el contexto clínico, los resultados parecen indicar que los pacientes de los que obtuvieron estas imágenes mencionadas presentarían irregularidad en la morfología de la córnea. En consecuencia, para estos casos sería de gran relevancia efectuar un ajuste de las lentes de contacto, con el fin de evitar pérdidas de visión.

## Conclusiones

En esta práctica se presenta una metodología para la segmentación y medida de la relación córnea-lente de contacto mediante el uso de imágenes de OCT-AS. Los resultados obtenidos muestran que la metodología proporciona una identificación de las regiones de interés y la evaluación de posible morfología irregular en la córnea. Sin embargo, para futuros trabajos, sería necesario mejorar progresivamente las diferentes fases, con el fin de lograr resultados más precisos y tratar aquellas imágenes que conforman problemas en las regiones laterales por escasa información, tal y como se ha podido comprobar con la imagen im1 en este caso.