



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

MUBICS

Análisis de Imágenes Biomédicas



Práctica 1: Nivel de enrojecimiento del ojo

Profesor: Dr. Jorge Novo Buján

Pedro Sánchez García

Curso 2021-2022



Práctica 1. Nivel de enrojecimiento del ojo

Introducción

La práctica 1 trata el análisis de la hiperemia conjuntival en base a una escala objetiva y fiable. Debemos tener en cuenta que se trata de un engrosamiento en los vasos sanguíneos, de modo que hay una acumulación de sangre y, por tanto, una coloración roja característica. Esto último, en los estudios clínicos de esta naturaleza, implica la problemática de la consideración subjetiva por parte del especialista. En consecuencia, es posible que, ante un determinado conjunto de imágenes, exista una considerable diferencia entre la escala lograda con un sistema de análisis automatizado y la que alcanza un especialista clínico.

No obstante, es preciso destacar que una de las fases de mayor relevancia en este proceso, es la extracción de la conjuntiva bulbar como región de interés. Esto se debe a que se requiere precisión para mantener la objetividad, evitando la presencia de pestañas, iris, pupila y párpado que alteren los resultados.

Este aspecto puede conducir a diferentes tratamientos y progresos en torno a problemas oculares derivados. De esta forma, a lo largo de los últimos años, se han desarrollado diversos sistemas que presentan un objetivo en común: discriminar el grado de hiperemia conjuntival de manera objetiva y robusta, basándose en diversas técnicas que se ajusten a las diferentes morfologías oculares de los pacientes, así como a la luminosidad, ruido y contraste de las imágenes.

Objetivo

El objetivo principal de la práctica 1 es la implementación de un método para determinar el nivel de enrojecimiento del ojo utilizando imágenes de la conjuntiva bulbar.

Metodología

Con el fin de alcanzar el objetivo establecido, se parte de un conjunto de imágenes que servirán de apoyo para verificar el método que se plantee. En base a las técnicas tratadas en el programa de la asignatura, se ha optado por llevar a cabo el diseño de un plan de pruebas robusto en cada una de las tareas principales: Identificación de la región del ojo a analizar, localización de los vasos dentro de dicha región, estimación de ocupación por los vasos con respecto a la total de la región analizada y clasificación de la metodología en función de la clasificación del especialista.

Clasificación Especialista	Clasificación metodología
1 – 1.5	Nivel bajo
1.5 – 2.5	Nivel medio
2.5 – 3	nivel alto

1. Análisis del espacio de color y canal o canales correspondientes.

En primer lugar, para las imágenes proporcionadas, se visualizaron los espacios de color RGB, HSV y Lab. De esta forma, se puede apreciar que el espacio de color RGB ofrece una mayor información para la detección de los vasos, si lo comparamos con los otros espacios. En concreto, el canal G proporciona un mayor contraste entre los vasos a analizar y el fondo de cada una de las imágenes.

Por tanto, se opta por trabajar con este canal G del espacio de color RGB para el análisis de los vasos sanguíneos y se valora su uso, junto con el canal R, para la extracción de la conjuntiva bulbar.

2. Extracción de la región de interés.

Tal y como se ha mencionado, esta fase es muy importante, de modo que se centra la atención en aquellas partes como pestañas, iris, pupila y párpado. Para definir la región adecuadamente, se procede a las siguientes fases sobre el canal G:

1. Umbralización de Otsu y umbralización `thres_tozero` con posterior apertura para la eliminación de ruido por segmentación.
2. Uso de una función del paquete `scikit-image` para la selección del área más grande en la imagen de la fase anterior.

En la primera fase, se lleva a cabo la combinación de la umbralización de Otsu y la `thres_tozero` porque se logra un umbral óptimo para segmentar cada una de las imágenes y se genera una imagen de salida con píxeles diferenciados en base al umbral, así como con una reducción de ruido asociada a la apertura aplicada.

Posteriormente, sobre esta imagen resultante, se procede a la aplicación de la función correspondiente al paquete `scikit-image`, que proporciona el área más grande determinada en la imagen de entrada. Esta área será la región de la conjuntiva bulbar sobre la que se efectúan los análisis posteriores en torno a los vasos sanguíneos. Además, cabe destacar, que esta función no proporcionaba unos resultados adecuados sobre el canal R, de tal modo que se ha optado por el canal G, donde se alcanzan unos resultados que mantienen la objetividad en la mayoría de las imágenes del dataset (excepto en la imagen `BN_056_3`, incluso aplicando ecualización local previa).

3. Segmentación de los vasos sanguíneos.

1. Suavizado con filtro de medianas (tamaño 7) sobre el canal G.
2. Umbralización adaptativa sobre la imagen obtenida en la fase anterior.
3. Aplicación del algoritmo `bottom hat` (tamaño 15).
4. Producto de la imagen alcanzada en la fase anterior y la máscara generada en el apartado anterior "Extracción de la región de interés".

En esta etapa, se aplica un filtro de medianas con tamaño 7, reduciendo los píxeles de ruido por la mediana del vecindario. Cabe destacar que se ha optado por este filtro y tamaño, ya que el filtro de medias no proporcionaba una reducción de ruido notable, mientras que el filtro Gaussiano llevaba a una imagen con un suavizado excesivo. De esta forma, se logra una imagen con una

reducción de ruido y mayor contraste entre el fondo y los vasos sanguíneos, lo que facilita el proceso de segmentación de estos.

A continuación, teniendo en cuenta que las imágenes proporcionadas presentan iluminación irregular, se lleva a cabo la umbralización adaptativa, para lograr una homogeneidad de intensidades, sobretodo en las regiones oscuras. Como resultado, se logra una considerable mejora en la localización de los vasos. No obstante, se pudo apreciar que había algunos vasos en la periferia de la región de la conjuntiva que no se estaban segmentando adecuadamente, de tal forma que se optó por aplicar posteriormente el algoritmo bottom hat, como una aproximación que permite destacar mejor las estructuras de los vasos sobre el fondo claro.

Finalmente, se hace el producto de la imagen resultante y la máscara obtenida en el apartado anterior, alcanzado la región definitiva de la conjuntiva bulbar extraída y procesada.

4. Métrica para la estimación de hiperemia conjuntival.

La última etapa de la práctica es la determinación de un método que permita llevar a cabo una estimación de la ocupación o densidad de vasos en la región de la conjuntiva bulbar extraída en el método planteado. Para ello, por cuestiones de formato, se procede a efectuar umbralización adaptativa tanto en la máscara como en la región de interés procesada (resultado del producto alcanzado en la fase 4 apartado “3. Segmentación de los vasos sanguíneos”). Posteriormente, se realizan las siguientes operaciones:

1. Recuento de aquellos píxeles blancos en la máscara con región de conjuntiva bulbar delimitada.
2. Recuento de píxeles blancos en la región de interés procesada.
3. Planteamiento de la métrica, que consiste en el siguiente biomarcador:

$$\text{Biomarcador}_v = \frac{p}{q} \times 100;$$

donde: p es el recuento de píxeles blancos en la región de interés procesada

q es el recuento de píxeles blancos en la máscara con la región de conjuntiva bulbar

En la siguiente figura se muestra un ejemplo para la imagen BN_12_2.5 del dataset, donde se recogen las fases y la métrica determinada:

```
# 1.) Se hace umbralización adaptativa sobre la máscara y la región final:

mask_binary = mask_12_25.astype(np.uint8)
región_final = región_final_12_25.astype(np.uint8)

mask_binary = cv2.adaptiveThreshold(mask_binary, 255, cv2.ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C, cv2.THRESH_BINARY, 21, 5)
región_final_binary = cv2.adaptiveThreshold(región_final, 255, cv2.ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C, cv2.THRESH_BINARY, 21, 5)

# 2.) Se efectúa el recuento de los píxeles blancos en la máscara y la región de interés alcanzada:
pixeles_blanco = np.sum(región_final == 255)
print(pixeles_blanco)

pixeles_blanco_mask = np.sum(mask_binary == 255)
print(pixeles_blanco_mask)

# 3.) Planteamiento del biomarcador establecido:
métrica_final_12_25 = (pixeles_blanco / pixeles_blanco_mask) * 100
print(métrica_final_12_25)
```

Mediante esta métrica, se obtiene un resultado que nos permite establecer una clasificación del grado de hiperemia conjuntival en base a los rangos que se consideren.

Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados para la métrica desarrollada que se han alcanzado en cada una de las imágenes:

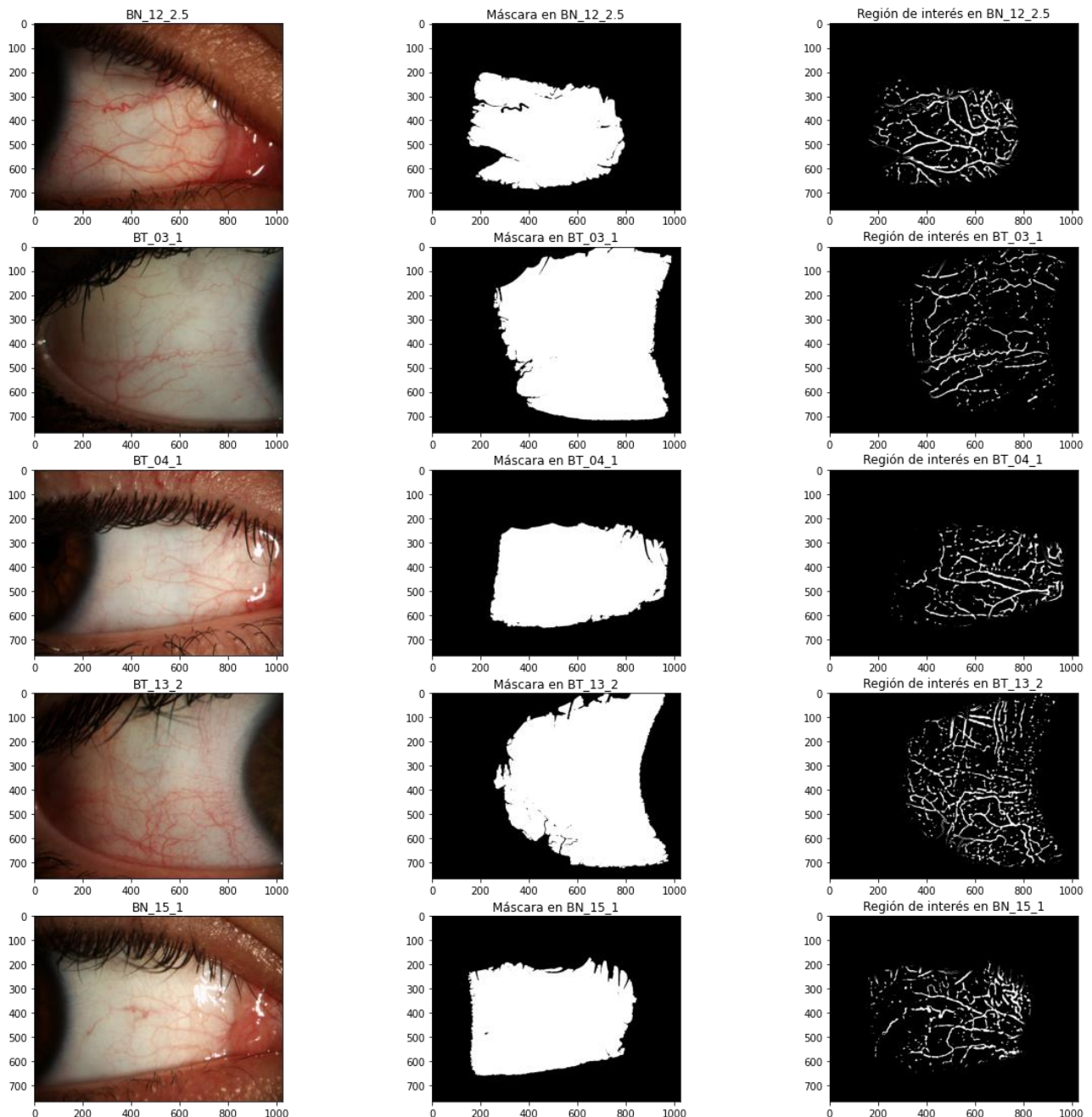
Imagen	Biomarcador _v
BT_03_1	3.43
BT_04_1	3.50
BN_19_1	3.76
BN_024_1.1	3.81
BN_15_1	3.90
BN_12_2.5	4.10
BN_058_2	4.93
BT_13_2	5.95
BT_12_2.5	6.50
BN_056_3	2.76

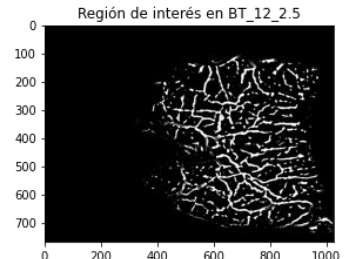
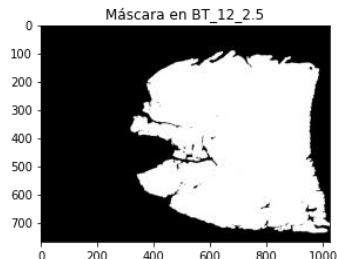
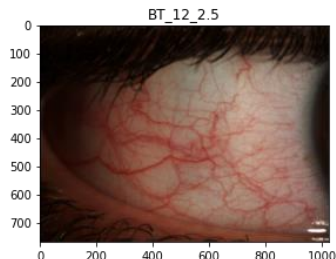
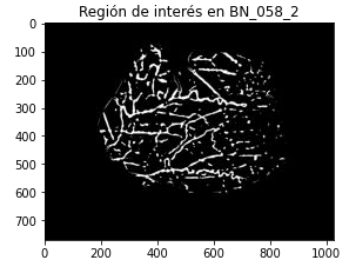
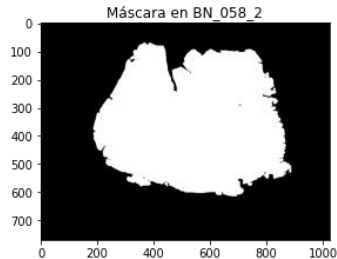
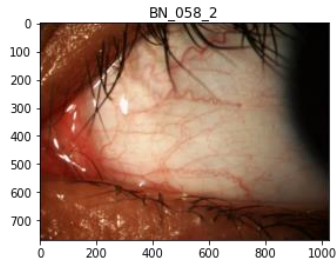
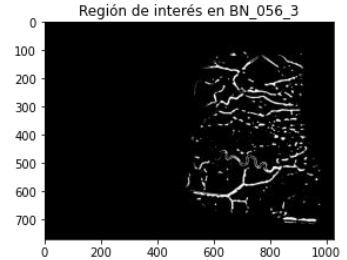
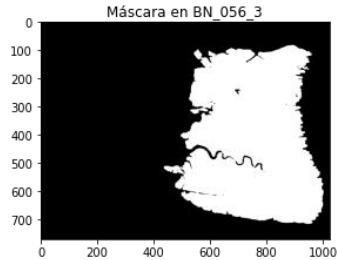
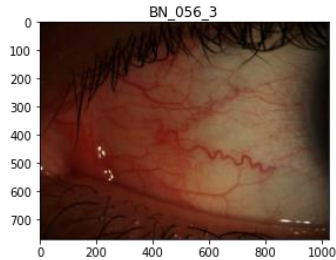
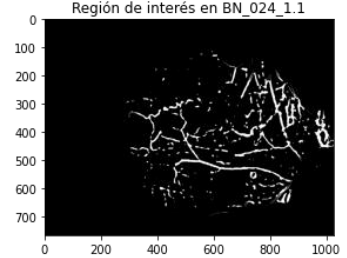
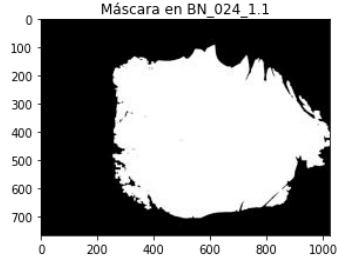
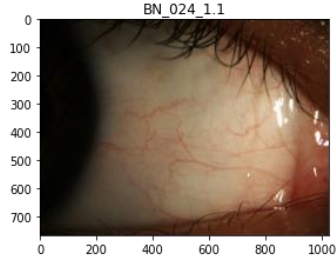
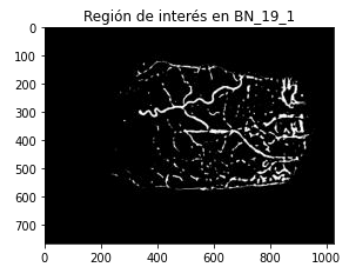
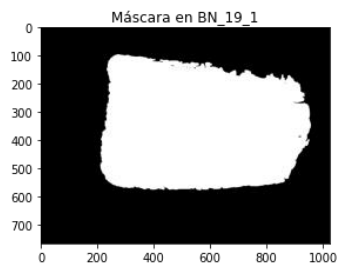
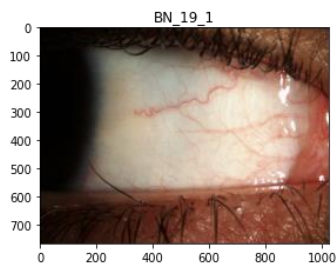
En general, se puede observar una tendencia de incremento en los valores de la métrica conforme lo hace el grado de hiperemia que se observa en las imágenes originales del dataset. Cabe destacar que con la imagen BN_056_3, la dificultad de extraer adecuadamente la máscara implica que esta es más reducida en dimensiones, de ahí la anomalía en el resultado logrado.

Por tanto, si comparamos los resultados de esta metodología con los de la referencia del enunciado, podemos establecer los siguientes rangos, que permiten una clasificación del grado de hiperemia conjuntival ante nuevas imágenes de pacientes:

Clasificación Especialista	Clasificación Especialista	Clasificación Metodología
1 – 1.5	0 – 3.9	Nivel bajo
1.5 – 2.5	3.9 – 4.9	Nivel medio
2.5-3	4.9 – 6.5	Nivel alto

El nivel bajo hace referencia a una conjuntiva bulbar con vasos de dimensiones reducidas, de modo que la claridad está presente de forma predominante. Con respecto al nivel medio, hay una tendencia de incremento en el enrojecimiento, con vasos que presentan mayores dimensiones y se localizan concentrados en algunas regiones. Este último factor, junto con el incremento en las dimensiones, es la clave en la transición del nivel medio al nivel alto, donde el nivel de enrojecimiento es notablemente marcado:





Conclusiones

En esta práctica se presenta una metodología dedicada a la extracción de la conjuntiva bulbar y determinación de la ocupación de vasos en la misma por medio de una métrica. Los resultados obtenidos muestran que, con excepción de la imagen BN_056_3, la metodología proporciona una adecuada identificación de la región de interés, reducción de ruido y segmentación de los vasos. De este modo, la métrica propuesta sigue una tendencia que coincide con lo esperado teniendo en cuenta la referencia del enunciado. Para futuros trabajos, sería necesario mejorar, por un método adicional, aquellos casos como los de la imagen BN_056_3, cuya luminosidad y contraste ha resultado problemática para conseguir la totalidad de resultados adecuados en las imágenes proporcionadas del dataset.