

APRENDIZAJE MAQUINAL PARA LA SEGMENTACIÓN AUTOMÁTICA DE PÁRPADO



Luis delaO-Arévalo¹, Erik Bojorges-Valdez¹, Everardo Hernández-Quintela², Nallely Ramos-Betancourt², y Jesus Davila-Alquisiras²;

¹Universidad Iberoamericana Ciudad de México, CDMX;; ²Asociación para erradicar la Ceguera I.A.P., CDMX;
Correspondencia a:lde1aoa@gmail.com

Resumen

Este trabajo presenta la evaluación de dos técnicas de aprendizaje maquina para la segmentación de párpado en imágenes de meibografía. Ambas técnicas tienen misma información de entrada: escala de gris y otros valores resultantes de filtros laplacianos y entropía, además de distancias a estructuras anatómicas relevantes como pupila o pestañas. Las técnicas utilizadas fueron máquinas de soporte vectorial (SVM) de kernel polinomial de 4to orden y redes neuronales (NN) de 60 neuronas en 3 capas; una última técnica fue evaluada como una intersección de ambas técnicas. El desempeño fue evaluado con área bajo la curva de la validación cruzada de 20 vías. Los resultados fueron: SVM 0.851 ± 0.103 , NN 0.713 ± 0.144 y SVM & NN 0.835 ± 0.118 . Lo que sugiere que las SVM tienen mejor desempeño para esta tarea.



Meibografía de párpado superior. En esta imagen se pueden observar las glándulas de meibomio a lo largo del párpado con valores más blancos que el resto del párpado

Datos utilizados

Se cuentan con 465 imágenes adquiridas en el hospital de tercer nivel "Dr. Luis Sánchez Bulnes", ubicado en la CDMX, cada imagen cuenta con 1024x1360 píxeles y 256 niveles de gris. A su vez 235 imágenes corresponden a párpados inferiores y 230 párpados superiores.

Técnicas de Aprendizaje Maquina

La segmentación del párpado del resto de la imagen fue realizada partiendo de tres técnicas:

- Máquinas de soporte vectorial (SVM) Kernel con función polinomial de 4to orden.
- Redes neuronales secuenciales (NN) de 3 capas con 60 neuronas

cada una y función de error Levenberg-Marquardt y activación ReLU.

- SVM & NN

Se designaron dos clases: Párpado y NO-Párpado, mismas que son asignadas a todos los píxeles. Al ser clasificadores supervisados, se realiza una segmentación manual de la imagen.

Rasgos utilizados

Para mejorar la segmentación de párpado es útil identificar estructuras anatómicas relevantes y otros elementos como:

- **Coordenadas de Pupila** Proporciona información si está presente la pupila en la imagen. Se regresa las coordenadas del centro de la pupila o cero en caso de no estar presente.
- **Coordenadas de pestañas** Se obtiene como resultado un polígono que delimita las pestañas cuyas coordenadas son el rasgo a utilizar.
- **Mapa probabilístico PM** El resultado de promediar máscaras binarias de párpados superiores e inferiores por separado, es una imagen por tipo de párpado. Estas estiman la probabilidad de pertinencia de píxel a los párpados.

En total se utilizaron 13 rasgos que se pueden agrupar en dos: a) valores de intensidades de píxel y b) en distancias a estructuras anatómicas o relevantes.

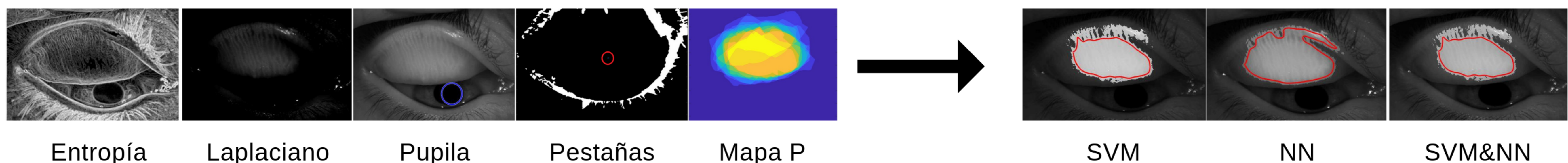
Listado de rasgos

| Intensidades | Distancias |
|-------------------------|----------------------------|
| Nivel de gris (NG) | Renglón y columna |
| NG x PM mediana. | Relación píxel pupila |
| NG mejorando bordes | Distancia centro de PM S |
| NG después de entropía | Distancia a centro de PM I |
| NG después de gradiente | Relación píxel pestañas |

Antecedentes

El síndrome de ojo seco es una enfermedad común en la población mexicana y del mundo, en donde la calidad de la lágrima se ve afectada a causa de un mal funcionamiento de las glándulas de meibomio. Las cuales se encuentran en la superficie de los párpados y su función es secretar lípidos y proteínas.

El método estándar para su diagnóstico está basado en una imagen con luz infrarroja que se obtiene con el párpado invertido. Para ofrecer una nueva alternativa diagnóstica se desarrolla un algoritmo que extraiga características de dichas imágenes. Por lo cual, en una primera etapa es necesario hacer una segmentación del párpado automática para definir la región de interés (ROI).

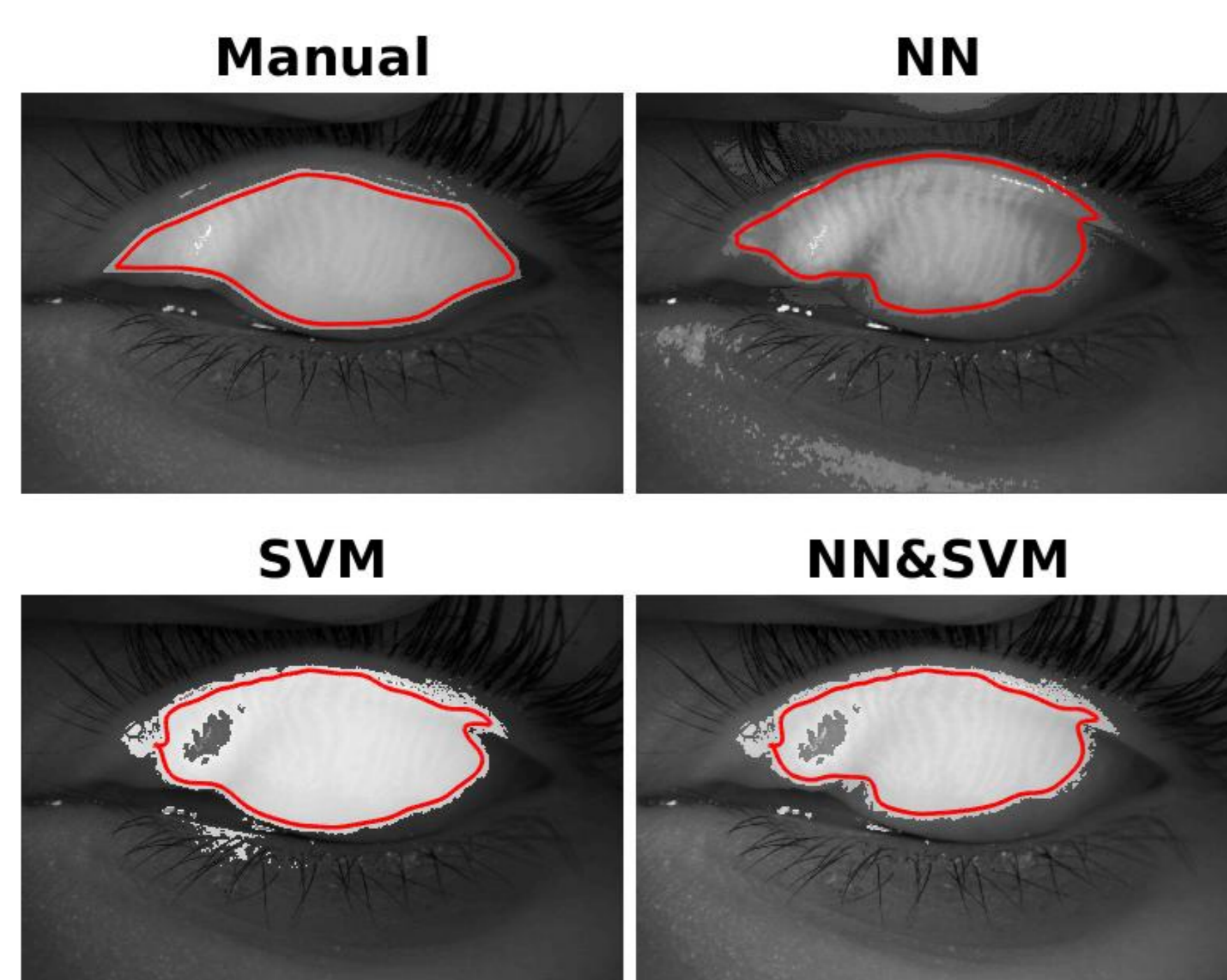


Representación de flujo de información.

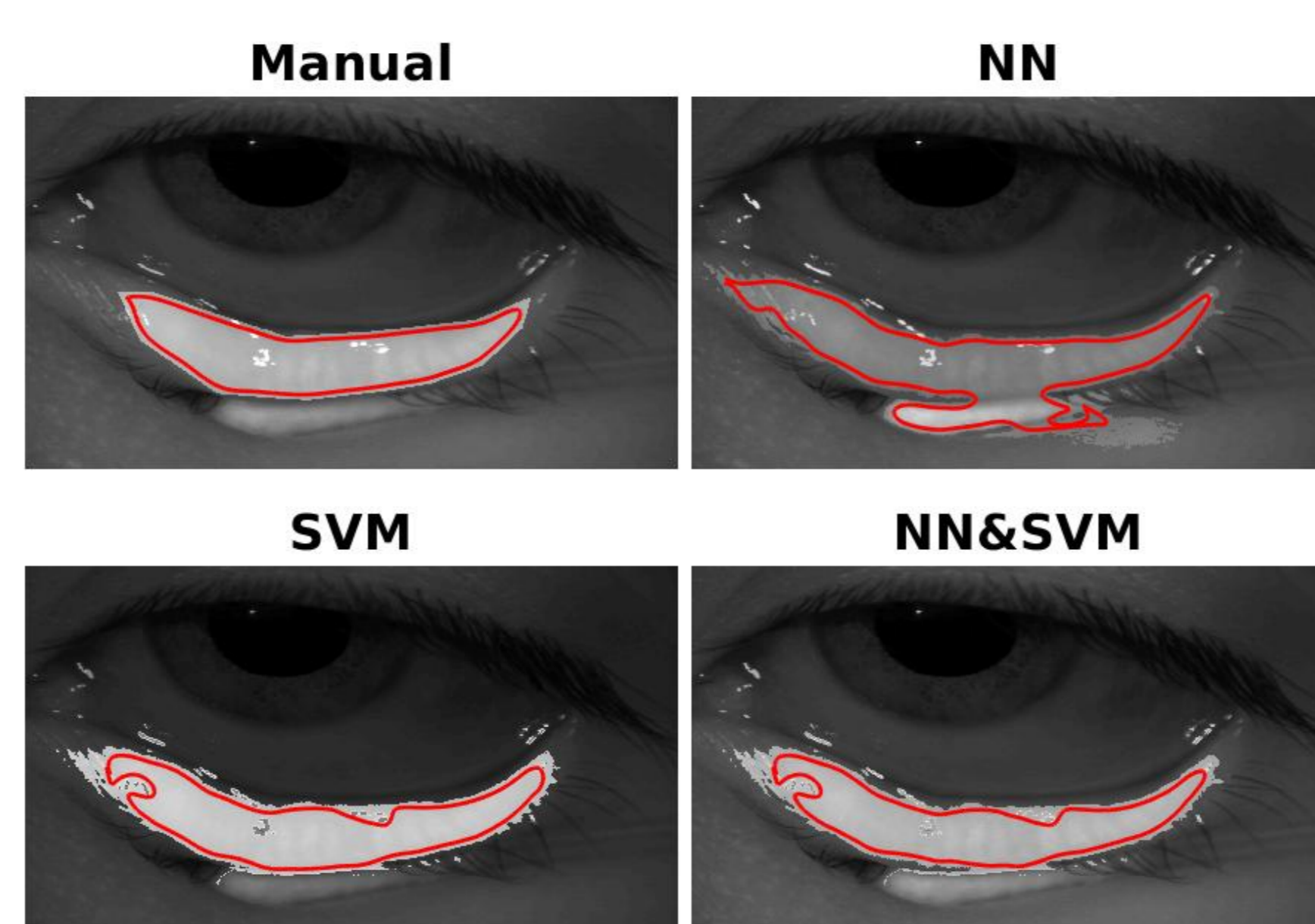
Del lado izquierdo de la flecha, algunos de los rasgos utilizados y del lado derecha 3 salidas reales de cada modelo

Salida esperada

El área de interés es definida como área anatómica del párpado. El área más grande, de la salida de cada modelo es segmentada y su perímetro es suavizado con el filtro Savitzky-Golay.



Segmentación de párpado superior

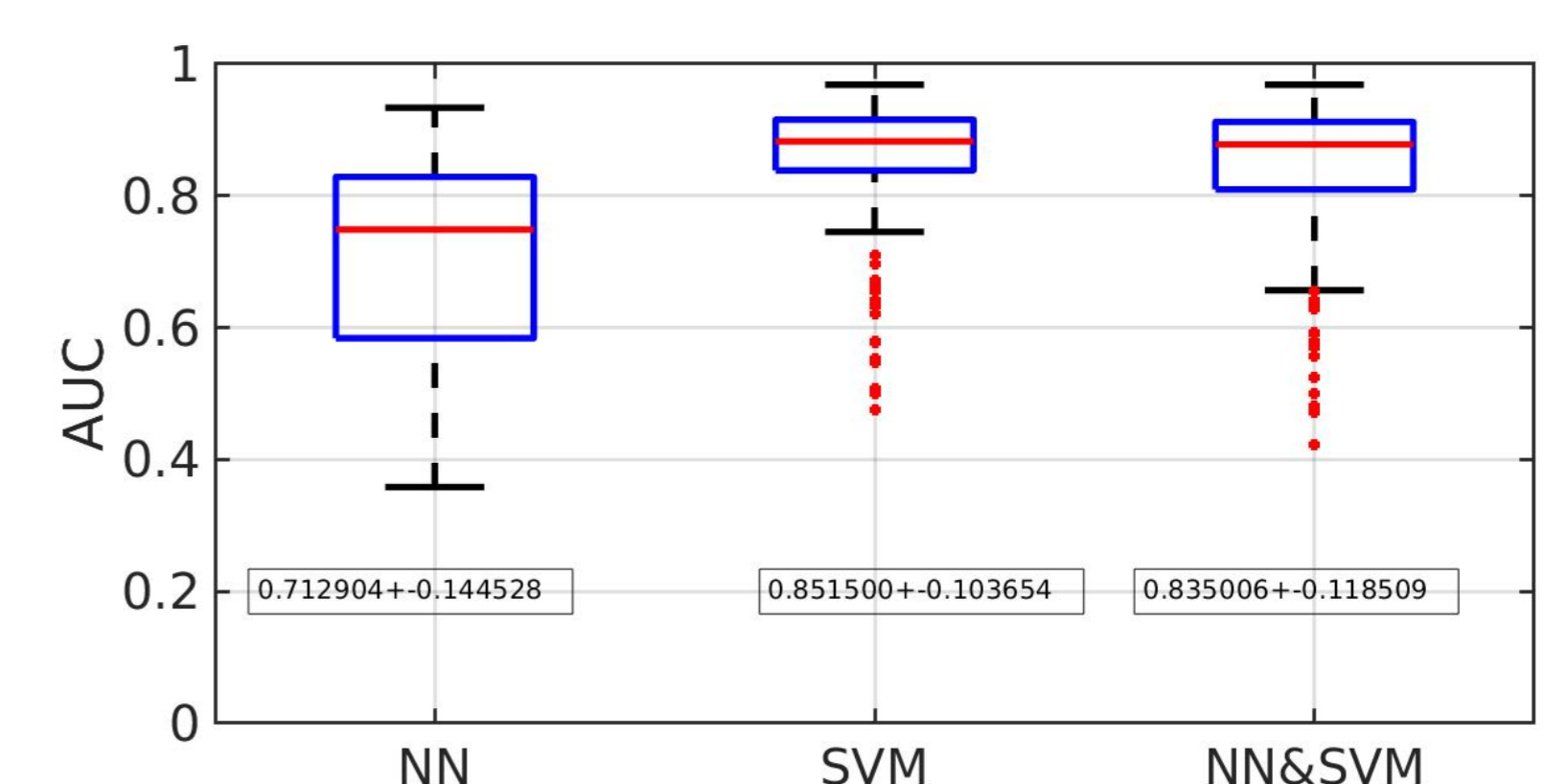


Segmentación de párpado inferior

Pruebas y validación

El entrenamiento fue realizado con validación cruzada de bootstrap de 20 vías, utilizando el 70% de los datos como conjunto de entrenamiento. Se utilizó la información restante para poner a prueba los modelos propuestos. Con los resultados obtenidos se comparó el desempeño contra párpados segmentados manualmente, obteniendo así el área bajo la curva (AUC).

En la figura siguiente se muestran los resultados de todas las evaluaciones, siendo: NN 0.713 ± 0.144 , SVM 0.851 ± 0.103 and NN & SVM 0.835 ± 0.118 ; el tiempo total de evaluación fue de NN $12s \pm 0.8s$ y SVM $40s \pm 1.1s$.



Discusión y conclusiones

Según los valores de AUC reportados, SVM es el método con el mejor desempeño. NN presenta el comportamiento más errático, posiblemente en los párpados sin presencia de pupila o patrones de iluminación inconsistentes en las imágenes, causando errores de clasificación.

En futuras etapas se evaluará la segmentación de las glándulas de meibomio, para su evaluación individual y grupal. Generando así una herramienta de diagnóstico automatizada.

Referencias

- [1] "PAUL J. DRIVER". "meibomian gland dysfunction". 40:"367", 1996.
- [2] "Foulks GN". "meibomian gland dysfunction: a clinical scheme for description, diagnosis, classification, and grading.". "1, Issue 3", "2003".
- [3] "Yang Wei Koh". "detection of meibomian glands and classification of meibography images". page 8, "2012".
- [4] "Saudi J Ophthalmol". "meibography: A review of techniques and technologies.". "2012".
- [5] "Heiko Pult". "a review of meibography". 89:"760 769", 2012.