

CONTEO DE CÉLULAS SANGUÍNEAS MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN MATLAB

Sergio Emmanuel Soria Medina^a, Guillermo Rey Peñaloza Mendoza^b,
Ricardo García Soria^c

TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro Pátzcuaro, México,
^achecosoriamedina@gmail.com, ^bgrey@itspa.edu.mx, ^cricardogarciasoria41@gmail.com

RESUMEN

El proyecto se centra en la automatización del conteo de células sanguíneas utilizando técnicas de procesamiento de imágenes. Tradicionalmente, el conteo de células se realiza de manera manual con la cámara de Neubauer, un proceso tedioso, propenso a errores y que consume mucho tiempo. Este proyecto implementa un método automatizado que emplea máscaras y umbralización para la segmentación de las células. La automatización del proceso mejora significativamente la precisión y reduce el tiempo de análisis, proporcionando una herramienta más eficiente para los diagnósticos médicos.

Palabras Clave: Automatización, eritrocitos, Neubauer, Cámara, Células

ABSTRACT

The project focuses on automating the blood cell counting process using image processing techniques. Traditionally, cell counting is performed manually with the Neubauer chamber, a tedious, error-prone and time-consuming method. This project implements an automated method utilizing masks and thresholding for cell segmentation. The automation significantly improves accuracy and reduces analysis time, providing a more efficient tool for medical diagnostics.

Key words: Automation, erythrocytes, Neubauer, chamber, cells

1. INTRODUCCIÓN

El procesamiento de imágenes y el análisis de células sanguíneas son áreas importantes de investigación en ciencia y medicina. Con MATLAB, se pueden realizar análisis de imágenes cuantitativos y automatizados para obtener información valiosa sobre las células sanguíneas. [1]. Este proyecto se centra en el procesamiento de imágenes de glóbulos rojos utilizando MATLAB y comandos específicos como detección de contornos y binarización de imágenes.

Para llevar a cabo el proyecto se requirió conocimiento en el campo del laboratorio clínico, ya que implicó trabajar con la recolección de muestras de sangre y realizar una tinción de Wright para obtener imágenes microscópicas. [2] El proceso implica cargar la imagen, reprocesarla para mejorar su calidad y facilitar la detección de glóbulos rojos, y luego usar un algoritmo de detección de bordes para identificar los contornos de las células.

Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un método automatizado para el conteo de células sanguíneas utilizando técnicas de procesamiento de imágenes en MATLAB. Específicamente, se plantean los siguientes objetivos:

- Automatizar el proceso de detección y conteo de células sanguíneas mediante el uso de algoritmos de segmentación y detección de bordes.
- Comparar la precisión y eficiencia del método automatizado con el conteo manual realizado con la cámara de Neubauer.
- Implementar técnicas de preprocesamiento de imágenes, como la umbralización y filtrado, para mejorar la calidad de la segmentación celular.

2. DECLARACIÓN DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

El conteo de células sanguíneas es una técnica crucial en el diagnóstico médico, tradicionalmente realizado mediante el uso de la cámara de Neubauer. Este proceso manual es tedioso, propenso a errores y consume mucho tiempo, lo que puede afectar la precisión y la eficiencia del análisis de muestras sanguíneas en entornos clínicos. Para abordar estos problemas, proponemos la automatización del conteo de células sanguíneas utilizando técnicas de procesamiento de imágenes implementadas en MATLAB. La solución proporciona una herramienta más eficiente y fiable para el diagnóstico médico, permitiendo un análisis más rápido y preciso de las muestras sanguíneas.

3. MARCO TEÓRICO

Los glóbulos rojos, también conocidos como eritrocitos, desempeñan un papel fundamental en el transporte de oxígeno y dióxido de carbono a través del sistema circulatorio humano. Estas células sanguíneas poseen características estructurales únicas y adaptaciones específicas que aseguran su eficiente funcionalidad.

Una de las características distintivas de los glóbulos rojos es su forma bicóncava, que maximiza su superficie de intercambio gaseoso y facilita su paso a través de los capilares más estrechos. Esta forma especializada, junto con la ausencia de núcleo en su estado maduro, confiere a los eritrocitos una notable flexibilidad y capacidad de deformación. Esta propiedad es crucial para su función en la entrega de oxígeno a los tejidos periféricos y la eliminación de dióxido de carbono, procesos esenciales para el metabolismo celular y la homeostasis. [5].

En el ámbito de la microbiología y la hematología, se utilizan diversas técnicas de tinción como la tinción de Wright y la tinción de Giemsa para mejorar la visualización y análisis morfológico de los glóbulos rojos bajo microscopio.

Además, el desarrollo tecnológico ha facilitado el uso de herramientas computacionales como MATLAB para el procesamiento de imágenes de glóbulos rojos.[3] Este software

permite el análisis cuantitativo de células sanguíneas mediante técnicas de preprocesamiento, segmentación y detección de bordes. La automatización de este proceso no solo mejora la precisión del recuento celular, sino que también acelera el análisis de muestras en aplicaciones clínicas y de investigación.

4. METODOLOGÍA

En la metodología utilizada para el recuento automatizado de células sanguíneas se empleó el programa de software Matlab. Este programa de software nos permite realizar diversas tareas de simulación, así como el procesamiento de imágenes [9]. A continuación, presentaremos el proceso paso a paso que se llevó a cabo para el conteo de células utilizando el programa, junto con algunos métodos utilizados para facilitar el conteo de células (Figura 1).

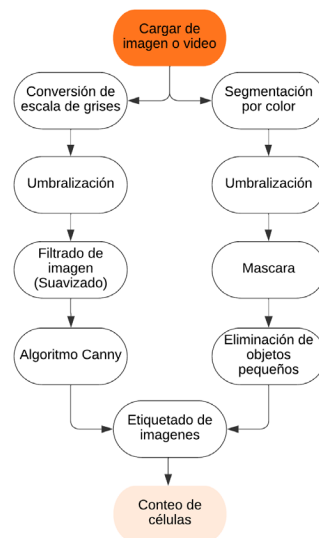


Figura 1. Diagrama del proceso de conteo de células utilizado en Matlab

Proceso Automatizado de Procesamiento de Imágenes y Detección de Células Sanguíneas:

1. **Carga de Imágenes:** Inicialmente, la imagen de la muestra de sangre se cargó en el programa MATLAB. Es importante asegurarse de que la imagen tenga una resolución adecuada para una detección celular precisa.
2. **Conversión a Escala de Grises:** La imagen se convirtió a escala de grises utilizando la función "rgb2gray". Trabajar en escala de grises simplifica el procesamiento ya que solo se consideran las intensidades de los píxeles en lugar de los canales de tres colores.
3. **Umbral:** Se aplicó la técnica de umbral para obtener una imagen binaria, como se ve en la Figura 2, donde los píxeles se clasifican como blancos o negros según un valor de umbral específico.

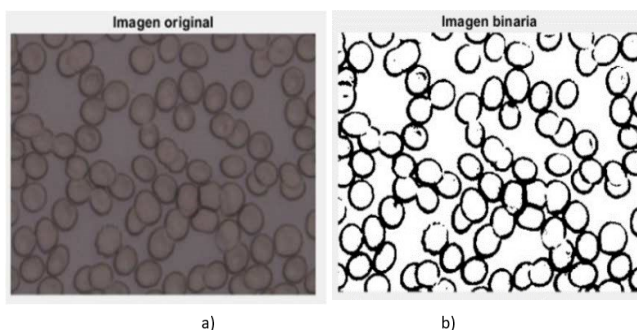


Figura 1. Indicado. (a) imagen original, b) imagen binarizada

4. **Suavizado y Preprocesamiento de Imágenes:** Para reducir el ruido y mejorar la detección de bordes, se aplicó un filtro mediano usando "medfilt2". Esta técnica de suavizado ayuda a preservar los bordes importantes de las células sanguíneas y mejora la calidad general de la imagen.
5. **Detección de Bordes:** Se utilizó el algoritmo de Canny (borde) para detectar bordes, como se muestra en la Figura 3. La detección de bordes es esencial para delinear las formas de las células y facilitar su identificación.

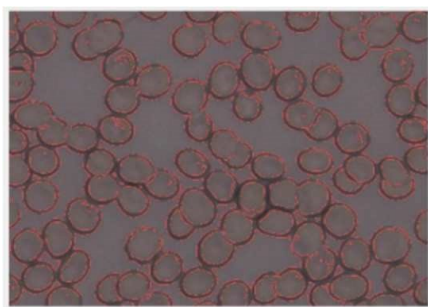


Figura 3. Detección de bordes

6. **Segmentación de Color:** La imagen original se dividió en canales de color rojo, verde y azul mediante indexación matricial. Se establecieron umbrales para cada canal para identificar las células sanguíneas según sus características de color.
7. **Eliminación de Objetos Pequeños:** Se aplicó la función "bwareaopen" para eliminar pequeñas regiones no deseadas o ruido de la máscara binaria. Esto garantiza que solo las regiones más grandes, correspondientes a las células sanguíneas, sean consideradas.
8. **Etiquetado de Objetos:** Se utilizó la función "bwlabel" para etiquetar los objetos presentes en la máscara binaria. Cada objeto se identificó con un valor único en la matriz de etiquetas, facilitando así el recuento de células individuales.
9. **Recuento de Células Sanguíneas:** Se contó el número de objetos detectados, proporcionando el recuento total de células sanguíneas presentes en la imagen.
10. **Visualización de Resultados:** La Figura 4 muestra la imagen original junto a la imagen etiquetada, resaltando las células sanguíneas detectadas.

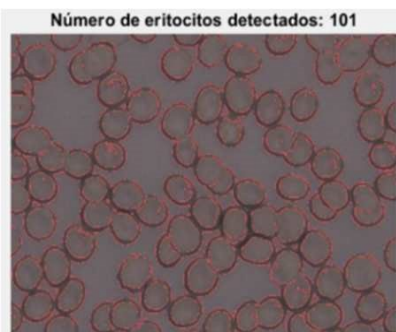


Figura 4. Conteo de células

Este proceso automatizado de procesamiento de imágenes y detección de células sanguíneas proporciona una herramienta eficiente y precisa para el análisis y recuento de células en aplicaciones médicas y de investigación.

Proceso Manual

El proceso de recuento de eritrocitos mediante cámara de Neubauer es un método de laboratorio que permite estimar la concentración de glóbulos rojos en una muestra de sangre. A continuación, se detallan los pasos para realizar este procedimiento:

Pasos a Seguir:

1. **Preparación de la Muestra de Sangre:** a. Limpie su dedo con alcohol. B. Utilice una lanceta para hacer una pequeña punción en su dedo y recoja una gota de sangre. C. Elimine la primera gota de sangre y use la siguiente para preparar la dilución.
2. **Preparación de la Dilución:** a. Mezcle la gota de sangre con una solución de dilución, como la solución de Gower, en una proporción específica (por ejemplo, 1:200). B. Mezcle bien para asegurar una dilución adecuada de la sangre.
3. **Carga de la Cámara de Conteo:** a. Coloque una pequeña cantidad de la dilución en la cámara de recuento de Neubauer. B. Asegúrese de que la cámara esté limpia y que no haya burbujas de aire en la superficie.
4. **Colocación del Hemocitómetro:** a. Coloque el hemocitómetro en el microscopio y ajuste el enfoque. B. Utilice una amplificación adecuada (generalmente 40x o 100x) para facilitar la visualización celular.
5. **Recuento de Eritrocitos:** a. Enfoque en una de las cuadrículas presentes en la cámara de recuento de Neubauer. Cada cuadrícula está dividida en nueve cuadros más pequeños. B. Cunte los glóbulos rojos en las áreas delimitadas por las líneas de cada cuadrícula. Solo cunte los glóbulos rojos que se encuentren en la esquina superior izquierda de cada línea.
6. **Cálculo del Recuento:** a. Calcule el promedio del número de glóbulos rojos contados en varias áreas. Utilice el factor de dilución y el número de áreas contadas para calcular el número total de glóbulos rojos por microlitro de sangre.

Es importante recordar que la cámara de Neubauer tiene dimensiones específicas y factores de corrección que se utilizan en los cálculos. Además, el proceso de conteo manual está sujeto a errores humanos y variabilidad.

A continuación, se presenta el resultado del recuento manual de eritrocitos, como se muestra en la Figura 5. En este punto, los cuadros se tomarán como referencia para el recuento, y a través de este recuento, se realizarán cálculos utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Total, de Eritrocitos} = N * 10 * 5 * 200.$$

N = Células totales contadas.

10 = Profundidad de la cámara.

5 = Cuadrantes contados.

200 = Dilución de la pipeta.

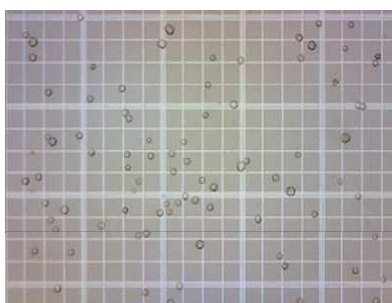


Figura 5. Imagen tomada como ejemplo para el conteo de eritrocitos utilizando la cámara de Neubauer. [9]

Resultados

El resultado del proceso automatizado de recuento de células sanguíneas para las figuras 4, 5 y 6 es el siguiente:

- Imagen Cargada: Muestra la imagen original cargada desde un archivo JPEG. En esta imagen se observa la muestra de células sanguíneas sin ningún procesamiento previo.
- Imagen Binaria: Muestra la imagen original después de aplicarle umbralización para obtener una imagen binaria. Los elementos de interés, correspondientes a las células sanguíneas, han sido resaltados y separados del fondo mediante esta técnica.
- Recuento de Células: Muestra la imagen original con los bordes celulares resaltados en blanco y un número al lado de cada borde que indica el recuento de células. En esta etapa, el algoritmo ha detectado y contado las células sanguíneas presentes en la imagen.

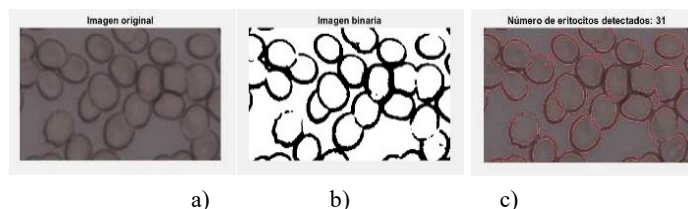


Figura 6. Indicado. (a) imagen original, b) imagen binarizada, c) conteo de células

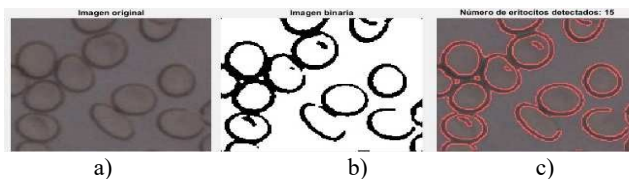


Figura 7. Indicado. (a) imagen original, b) imagen binarizada, c) conteo de células

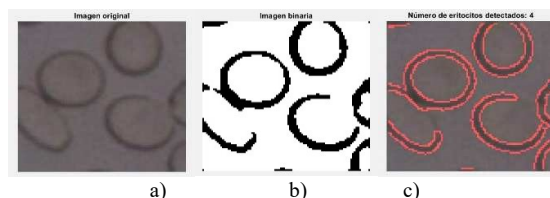


Figura 8. Indicado. (a) imagen original, b) imagen binarizada, c) conteo de células

Tabla 1. Resultados del conteo automático mediante el programa utilizado y células contadas manualmente

Celda	Figura 6	Figura 7	Figura 8
Células contadas automáticamente	32	16	6
Células contadas manualmente	31	15	4

Es importante destacar que, para este proceso, se realizó una comparación visual. Para lograr el recuento manual, se dibujaron límites en la imagen adquirida para contabilizar las células dentro de la imagen recortada. Esta imagen se dividió sucesivamente en tres partes más pequeñas, cada una más pequeña que la anterior, para facilitar la aplicación del programa utilizado.

Con este proceso automatizado de recuento, se logró una detección precisa y rápida de las células sanguíneas, lo cual es de gran importancia en aplicaciones médicas e investigativas. Sin embargo, es relevante mencionar que, a pesar de su efectividad general, el algoritmo aún presenta ciertas limitaciones. Se han identificado casos en los que el algoritmo comete pequeños errores en el conteo. Por ejemplo, en una imagen con 6 células, se contaron incorrectamente 2 células, lo que equivale a un error del 33%. En otra imagen con 16 células, el recuento resultó en 15, y en una tercera imagen con 32 células, se contaron 31 células, lo que indica errores del 6.25% y 3.13%, respectivamente.

Estos errores pueden atribuirse a diversas razones, como la superposición de células cercanas o la presencia de células parcialmente visibles en los bordes. Para mejorar aún más la precisión del algoritmo, se requeriría una revisión exhaustiva y posibles ajustes metodológicos para abordar estos casos específicos.

5. CONCLUSIONES

La automatización de procesos en el entorno del laboratorio clínico es crucial cuando se requiere un análisis rápido y efectivo de muestras de sangre. En muchos casos, la rapidez y

eficiencia con la que se obtienen los resultados son de suma importancia. Al automatizar el proceso de recuento de eritrocitos utilizando un algoritmo en MATLAB, se ha demostrado que el tiempo de espera para la entrega de resultados se reduce significativamente, por ejemplo, de un promedio de 20 minutos en el conteo manual a 5 minutos en el procedimiento automatizado.

Además, el recuento manual de células conlleva inherentemente un riesgo de error humano, que en este estudio se cuantificó en un 3% de discrepancias en los recuentos, mientras que el algoritmo automatizado mostró una precisión del 97% en comparación con los resultados manuales. Esto sugiere que el proceso automatizado no solo acelera la obtención de resultados, sino que también mejora la exactitud del recuento celular. Nuestro Mayor problema es con muestras menores a 10 células ya que ahí es mayor el margen de error.

Como trabajo futuro, se planea explorar y mejorar las técnicas de segmentación y análisis para lograr un recuento celular aún más preciso y confiable bajo diversas condiciones. También se tiene la intención de desarrollar una aplicación o sitio web donde se puedan cargar imágenes para que el personal del laboratorio pueda obtener el recuento celular de manera inmediata.

6. REFERENCIAS

- [1] Fundamentos para el procesamiento de imágenes. (n.d.). (n.p.): Uabc.
- [2] Rodak, B. F. (2005). Hematología. Fundamentos y Aplicaciones Clínicas. Argentina: Médica Panamericana.
- [3] Cuevas Jimenez, E. V., Zaldivar Navarro, D., Perez Cisneros, M. A. (2010). Procesamiento digital de imágenes con MATLAB y simulación. España: RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.
- [4] Castillo Morales, G. (2004). Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas: Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones. México: IDRC/CRDI.
- [5] Rodak, B. F. (2005). Hematología. Fundamentos y Aplicaciones Clínicas.. Argentina: Médica Panamericana.
- [6] Forbes, B. A. (2009). Diagnostico Microbiologico. Argentina: Médica Panamericana.
- [7] Ramnik Sood, (2021). Hematologia para estudiantes y practicantes. Mexico. Trillas editorial.
- [8] Gerard Blanchet, Maurice Charbit. (2006). Digital Signal and image processing using MATLAB. EUA. ISTE ldt e.
- [9] Joseph Elsbernd, Hemocitometro, Recuperado el 19 de agosto del 2020, obtenido de <https://biomodel.uah.es/tecnicas/cel/hemocitometro.htm>
- [10] Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, Steven L. Eddins. (2009). Digital Image Processing Using MATLAB. EUA. Gatesmark