

Conteo de hematíes en un sedimento urinario

Juana María Flores Vázquez

Instituto Tecnológico de Celaya

juana.flores@itcelaya.edu.mx

María de Jesús Domínguez Sierra

Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios

juana.flores@itcelaya.edu.mx

Resumen

En el área de medicina las imágenes se caracterizan fundamentalmente por la dificultad que existe a la hora de generar información válida para ser procesada: poseen ruido y una gran variabilidad en sus propiedades; pero debido a los avances recientes en los algoritmos para el procesamiento digital de imágenes y la continua evolución de la tecnología en los sistemas de cómputo en cuanto a velocidad, memoria y poder de cálculo, es posible generar soluciones que superan a las obtenidas años atrás.

En este trabajo se procesan imágenes digitales para obtener el número de hematíes existentes en un sedimento urinario, en el cual las principales estructuras organizadas son: cilindros, parásitos, espermatozoides, bacterias y una serie de elementos celulares, los cuales, dependiendo de su tamaño, se pueden estudiar en un aumento x100 hasta x400 mediante la obtención de contornos y operaciones morfológicas en la segmentación de la imagen obtenida por el microscopio.

Palabra(s) Clave(s): hematíes, operaciones morfológicas, sedimento.

1. Introducción

El procesamiento de imágenes digitales (PID) permite identificar propiedades difíciles de asimilar en una imagen, este inicia con la obtención de la imagen mediante una cámara; la cámara deriva la imagen según las propiedades físicas del campo de radiación electromagnético, Domínguez (1996), una vez capturada la imagen se modifican sus píxeles con el filtrado. "Los filtros sirven para suavizar y realzar detalles

en la imagen, inclusive minimizar efectos de ruido” Pajares (2008), lo cual ayuda a su segmentación utilizando dos propiedades básicas de los valores de nivel de gris: discontinuidad y similitud, que da como resultado los bordes o fronteras que delimitan la forma de un objeto, deduciendo información de la estructura y propiedades del material de los objetos capturados en la imagen.

Algunos de los problemas médicos tratados en la actualidad con imágenes son: esclerosis múltiple Selman(2004), síndrome piriforme Muñoz Ch.(2004), arteriosclerosis, detección de tumores, medición de dimensiones de un órgano, flujo sanguíneo, lesiones ateroscleróticas de la aorta torácica G.T. Birk (1997), medición de la dimensión geométrica que adoptan las células durante el proceso de deformación y disociación de los enlaces antígeno-anticuerpo M.F. Relancio(2004), clasificación de células del epitelio vaginal Muñoz (2006), y en este proyecto se lleva a cabo el análisis de orina. La orina es un líquido excretado por los riñones que contiene sales y productos de desecho del organismo, está constituida por un cierto número de glóbulos rojos, piocitos, leucocitos, células tubulares, células escamosas, células hemáticas, bacterias, cilindros y cristales; el aumento, disminución o aparición de alguno de estos diagnostica alguna enfermedad de los riñones, vías urinarias o afecciones de algún órgano, por ejemplo en la mayoría de enfermedades renales se ven los cilindros, Lazo (2002). El análisis de la orina por medio de imágenes digitales puede ser un instrumento fundamental para el laboratorista clínico, ya que le permite contabilizar y analizar las células de una manera rápida y eficiente, además de que una imagen digital tiene la facilidad de desplegarse en cualquier computadora, y las técnicas del PDI que consisten en la obtención de imágenes, almacenamiento, visualización, mejoramiento y compresión Muñoz (2006) se llevan a cabo en diferentes plataformas. En este trabajo se realiza el conteo de células en un sedimento urinario, utilizando las operaciones morfológicas en la segmentación Pajares (2008) para el procesamiento y análisis de la imagen.

2. Análisis de orina

El análisis de orina se constituye: de la observación de una muestra, un examen químico y un examen microscópico. De la observación de la muestra se obtiene su apariencia

macroscópica, que da un diagnóstico previo al análisis químico y microscópico. El examen químico se obtiene por medio de tiras reactivas, las cuales indican relaciones de pH, glucosa, cetonas, sangre, bilirrubina, urobilinógeno, leucocituria, proteínas y nitritos presentes, en tanto que en el examen microscópico se observa la composición del sedimento urinario y en base a ello se diagnostican diversas enfermedades.

El sedimento urinario es el análisis biológico más solicitado por la corporación médica. La ayuda que puede proporcionar un sedimento de orina técnicamente bien hecho y profesionalmente mejor valorado es incuestionable. En infecciones urinarias no complicadas los recuentos han descendido marcadamente, mientras que se mantienen para las infecciones complicadas, en especial para los pacientes portadores de sondas. La principal recomendación es que estas nuevas cifras para que expresen todo su valor predictivo, tienen que correlacionarse siempre con el número de células inflamatorias presentes en la orina (leucocituria). Estas nuevas cifras, por una parte, se ajustan mucho más a la realidad clínica, pero, por otra, complican bastante la labor al analista. Más que nunca una recogida adecuada de la muestra y su rapidez en el análisis adquieren una importancia trascendental. La célula que en este trabajo se contabiliza es el hematíe, que es un elemento que aparece en la orina de forma pasiva. En el microscopio aparece como un disco bicóncavo, sin núcleo, su membrana citoplasmática se define con facilidad y se puede llegar a observar una membrana concéntrica. Son más pequeños que los leucocitos (figura 1).

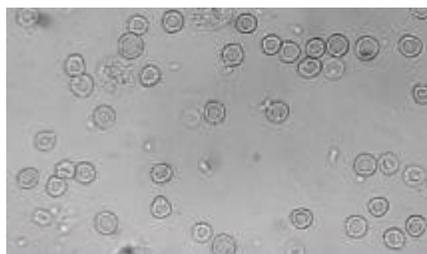


Figura 1 Hematíes en un sedimento urinario.

La hematuria es un signo frecuente y alarmante que dirige la atención del médico hacia el aparato urinario, acompaña a la mayoría de las enfermedades nefrourológicas y constituye un pilar fundamental para su diagnóstico precoz.

3. Desarrollo

En el recuento de hematíes el procesamiento de imágenes puede aportar un resultado rápido como apoyo en la labor del analista clínico, sin embargo el procesamiento suele ser complejo ya que una imagen puede contar con varias irregularidades como tener varios tipos de hematíes, hematíes fantasmas los cuales son formas que se crean al realizar el sedimento y por lo tanto, no deben ser considerados en el procesamiento.

Las imágenes son capturadas mediante un microscopio que se encuentra conectado a una computadora, cuando se analizan las imágenes, éstas deben pasar por distintas etapas como la conversión a escala de grises y la binarización, antes de arrojar un resultado.

El sistema recibe la imagen en una matriz tridimensional, puesto que las imágenes en color se obtienen con un formato RGB (rojo, verde, azul) de 24 bits y son transformadas a escala de grises para agilizar el procesamiento.

El siguiente paso fue aplicar un filtro Laplaciano de dos dimensiones a la imagen pre procesada. El operador Laplaciano es el equivalente a la segunda derivada en dos dimensiones dada por la expresión:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

Mediante la aproximación:

$$\nabla^2 \approx \frac{4}{(\alpha + 1)} \begin{bmatrix} \frac{\alpha}{4} & \frac{1-\alpha}{4} & \frac{\alpha}{4} \\ \frac{1-\alpha}{4} & -1 & 1-\alpha \\ \frac{\alpha}{4} & \frac{1-\alpha}{4} & \frac{\alpha}{4} \end{bmatrix}$$

Y usando $\alpha=0.2$ se obtiene la máscara de convolución y el resultado de este proceso es umbralizado y combinado mediante la operación and con la máscara de segmentación binaria.

Para delimitar los objetos que se encuentran dentro de la imagen se utilizaron los filtros pasa-bajas pues atenúan las componentes de medias-bajas frecuencias y dejan intactas las bajas en función de la frecuencia de corte que se elija, permitiendo eliminar ruido de alta frecuencia, o eliminar todo lo que no sean variaciones suaves de nivel de gris.

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)}$$

Para la obtención de bordes se hicieron pruebas utilizando los filtros de Roberts, Sobel, Canny y Prewitt, así como operaciones morfológicas de cerradura para mejorar el contorno y poder etiquetar los elementos para finalmente obtener el número de objetos encontrados en dicha imagen.

La tabla 1 muestra una lista de enfermedades que se pueden diagnosticar con el conteo de bacterias, así como este conteo de bacterias detecta patologías, existe también el conteo de otros elementos del sedimento urinario que al igual lo hacen, en este trabajo se enfoca al conteo de hematíes, para después hacerlo con otros elementos.

Tabla 1 Nuevo concepto de bacteriuria significativa.

MODALIDAD	CLINICA UFC/mi ORINA
Cistitis simple	> 100
Cistitis hemorrágica	> 100
Cistitis recurrente	> 100
Pielonefritis aguda	> 1000
Prostatitis aguda	Cualquier recuento de enterobacterias
Bacteriuria asintomática	> 100.000
Infecciones complicadas	> 100.000
Bacteriuria del catéter	> 100.000

La muestra de orina que se procesó contiene hematíes de Cistitis, hematíes fantasmas y un cristal de oxalato de calcio (figura 2).

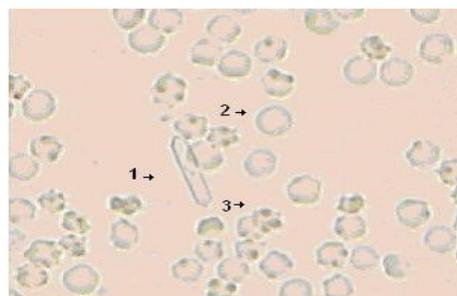


Figura 2 Elementos en un sedimento urinario. 1) Cristal de oxalato de calcio. 2) Hematíes fantasmas. 3) Hematíes de Cistitis.

A la imagen capturada se le aplicó binarización y un filtro pasa bajas, con el fin de eliminar el cristal y solo contar los hematíes (figura 3).

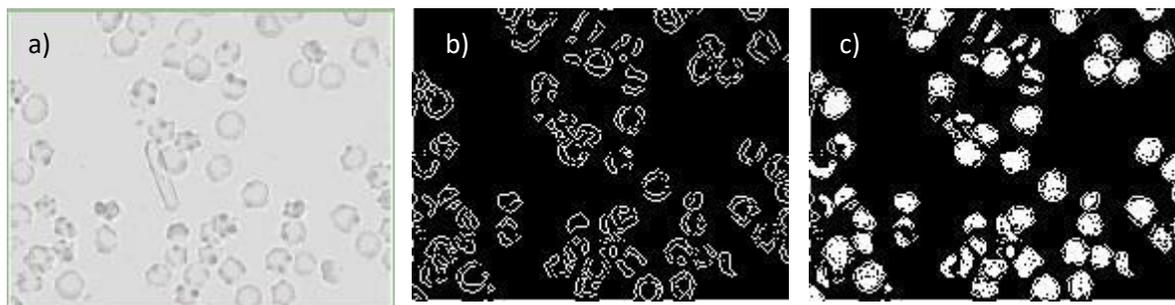


Figura 3 a) Imagen en niveles de gris. b) Imagen binarizada. c) Imagen con bordes cerrados.

4. Resultados

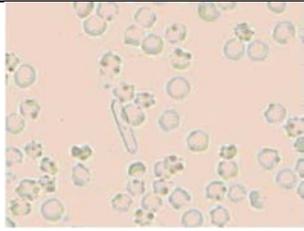
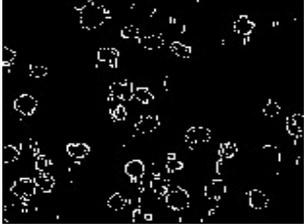
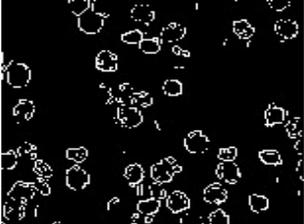
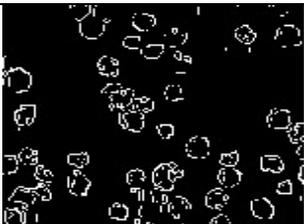
La tabla 2 muestra los resultados obtenidos de hematíes. El filtro Roberts obtiene buena respuesta ante bordes diagonales. Ofrece buenas detecciones en cuanto a localización. El gran inconveniente de este operador es su extremada sensibilidad al ruido y por tanto tiene pobres cualidades de detección, pues considera muy pocos píxeles de entrada para hacer la aproximación, lo que provoca que sea muy sensible al ruido y solo permite marcar los puntos de borde, es decir, su localización, pero no la orientación de los mismos.

El filtro Sobel es un operador de gradiente, y en general, tiene el efecto de magnificar el ruido subyacente en la imagen, no obstante, el detector de Sobel se puede ver como la combinación de un filtro de suavizado del ruido con un operador de aproximación imprecisa del gradiente. Este filtro es el más usado comúnmente y en la práctica, proporciona una buena detección de bordes diagonales.

El filtro de Prewitt es similar al de Sobel, pero se diferencia en los coeficientes, ya que éste no enfatiza los píxeles cercanos al centro de la máscara. En el caso de Prewitt, se pondera la información de filas y columnas adyacentes para dar mayor inmunidad al ruido.

A diferencia del operador de Sobel, el operador de Prewitt proporciona una mejor detección de los bordes verticales y horizontales en comparación con los bordes diagonales. No obstante, en la práctica no se aprecia una gran diferencia entre ambos.

Tabla 2 Obtención de recuento de hematíes con diferentes filtros de obtención de bordes.

Imagen	# Objetos	Filtro de Bordes
	55	Imagen muestra
	45	Roberts
	63	Sobel
	53	Canny
	41	Prewitt

5. Conclusiones

El método de obtención de bordes que permite un recuento cercano al número de hematíes es Canny, este es uno de los métodos más importantes para realizar una detección global de bordes sobre una imagen que contiene muchos detalles a diferenciar y etiquetar, se caracteriza por estar optimizada la detección de bordes diferenciales, consta de tres etapas principales: obtención del gradiente, supresión no máxima e histéresis del umbral. La primera etapa consiste en un filtrado de convolución de la

primera derivada de una función gaussiana normalizada discreta sobre la imagen, realizada en dos direcciones: horizontal y vertical. La función gaussiana posee dos parámetros fundamentales, valor medio m , y desviación típica estándar. Este método cierra los contornos evitando posibles rupturas de los mismos durante su extracción. Primeramente obtiene el gradiente (magnitud y ángulo en cada píxel), posteriormente adelgaza el ancho de los bordes, hasta lograr bordes de un píxel de ancho (Supresión no máxima) y por último realiza la histéresis de umbral al resultado de la supresión no máxima Pajares (2008).

6. Bibliografía

- [1] Domínguez Torres Alejandro: Procesamiento digital de imágenes, Perfiles educativos, No.72, 1996.
- [2] G. T. Birk, H. Lesch, and C. Konz: Solar wind induced magnetic field around the unmagnetized earth, Rev Cubana de Invest Bioméd, Vol. 16, No.1, Junio 1997.
- [3] Lazo María del Carmen: Interpretación del análisis de Orina, Arch.argent.pediatr, 2002.
- [4] Muñoz Arcos Krhystal: Identificación de células displásicas en el epitelio vaginal, Umbral Científico, número 009, pág. 104-114, 2006.
- [5] Muñoz Ch. Sara: Síndrome piriforme: una controvertida neuropatía por atrapamiento, Rev Med Clin Condes, Vol. 15, N.2, pág. 104-114, abril 2004.
- [6] M. F. Relancio, B. Riquelme, D. Dumas: Estudio de la adhesión eritrocitaria mediada por anticuerpos utilizando el procesamiento digital de imágenes, ANALES AFA, Vol. 16, 2004.
- [7] Pajares Gonzalo, Jesús M. De la Cruz: Visión por Computador, segunda edición, Alfa Omega, pág. 148-157, Madrid, España, 2008.
- [8] Selman R. José Miguel: Aplicaciones Clínicas del procesamiento digital de imágenes médicas, Rev Med Clin Condes, Vol. 15, No.2, Abril 2004.