

# MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION BASED ON PARAMETER TUNING OF CLAHE TO ACHIEVE DIFFERENT CONTRAST LEVELS IN MEDICAL IMAGES

Luis G. Moré, Marcos Brizuela, José L. Vázquez, Diego Pinto, Horacio Legal

Facultad Politécnica - Universidad Nacional de Asunción

## Motivación

Las imágenes con problemas de contraste necesitan de transformaciones que logren que las mismas sean útiles para análisis posteriores u otras aplicaciones. Ésto es particularmente crítico en imágenes médicas y biométricas, en las que se necesita preservar los detalles finos para mantener la información sensible contenida en éstas, a la vez que se logre resaltar detalles difíciles de percibir. Es necesario lograr la mejora del contraste sin degradar la calidad de la imagen que se transforma.

## Conceptos Básicos

1. **CLAHE**: Para mejorar el contraste de una imagen, se ha escogido el algoritmo Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (*CLAHE*), que es un algoritmo de mejora de contraste local basado en la división de la imagen en bloques y la ecualización del histograma de cada bloque de forma independiente, propuesto en [1].
2. **Entropía**: Es un coeficiente asociado con el aumento de la información contenida en una imagen como consecuencia del aprovechamiento de los niveles de gris disponibles para la representación de la misma. Al maximizar la Entropía de la imagen, también se aumenta el contraste que posee.
3. **Índice de Similitud Estructural**: El Índice de Similitud Estructural (*SSIM* por sus siglas en inglés Structural SIMilarity Index) es un coeficiente que permite evaluar los cambios producidos en la información estructural de una imagen luego de haber sufrido alguna modificación. Esta métrica da como resultado una buena medida de la distorsión o degradación estructural de la imagen que puede ser producida por cualquier algoritmo de mejora de imágenes.
4. **PSO**: La *Optimización de Enjambre de Partículas* es un algoritmo metaheurístico de optimización, capaz de explorar un amplio espacio de búsqueda. Las partículas almacenan la mejor solución que encuentran durante la búsqueda, y el enjambre almacena la mejor solución global. Las partículas se van moviendo hacia la solución más óptima a su propio ritmo. El enjambre termina de moverse cuando encuentran la mejor solución o una muy cercana a ella debido a que se ha llegado a un criterio de parada.

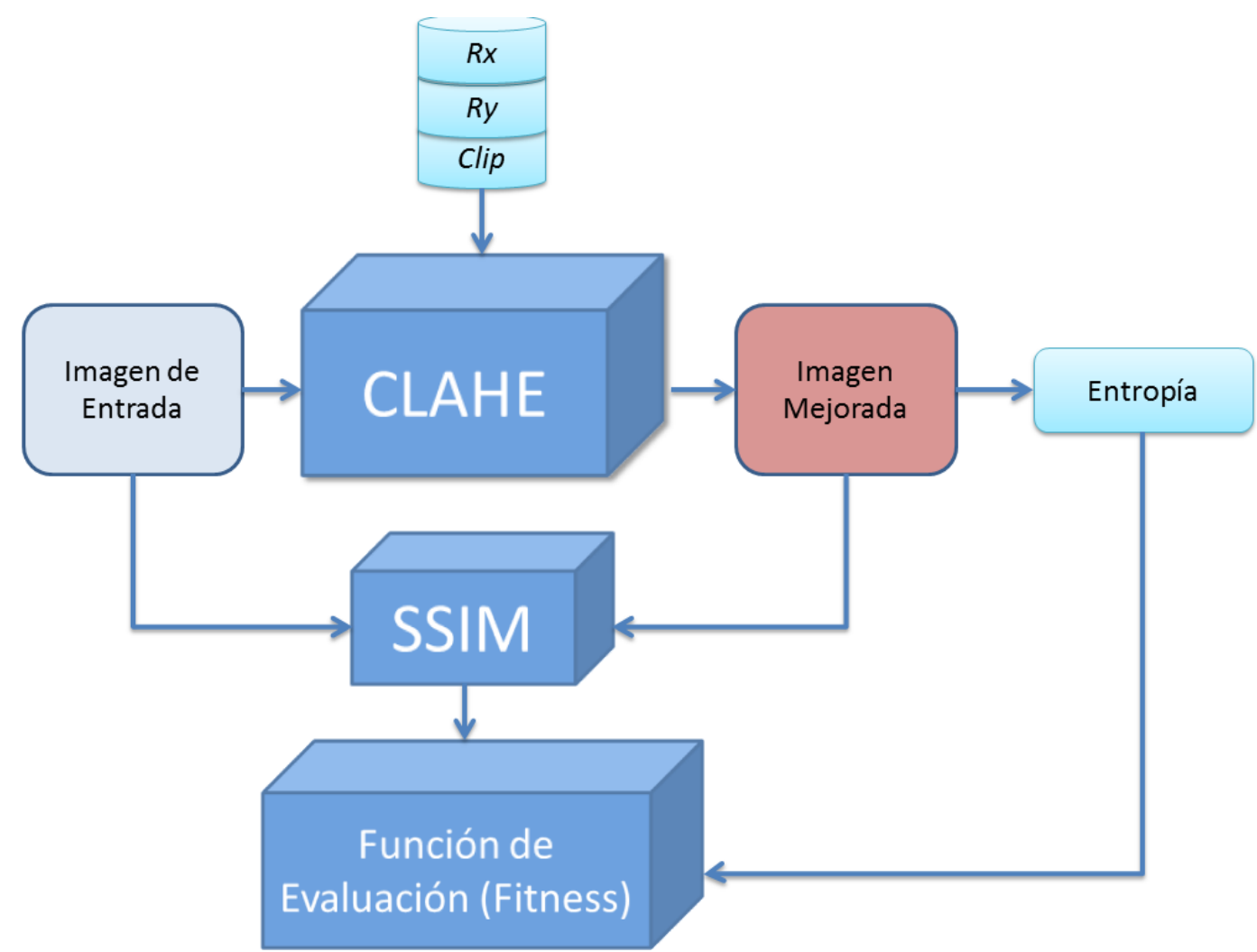


Figura 1: Esquema de evaluación de cada partícula durante la búsqueda de la solución.

## Formulación

Dadas la imagen de entrada  $I$  y el algoritmo *CLAHE*, se desea calcular la mejor solución  $f(T)$  que maximice:

$$f(T) = f_1(T) \times f_2(I, T)$$

donde:

- $f_1(T) = \frac{\mathcal{H}(T)}{\log_2 L}$  es la Entropía normalizada de la imagen  $T$ , siendo  $T$  la imagen mejorada por *CLAHE*.
- $f_2(I, T) = SSIM(I, T)$  es el Índice de Similitud Estructural.
- $I$  = Imagen Original.
- $T$  = Imagen con contraste mejorado.

## Propuesta

La propuesta consiste en utilizar un algoritmo de mejora de contraste por bloques (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization - *CLAHE*) el cual posee ciertos parámetros de entrada que necesitan de optimización, de manera a lograr maximizar la mejora del contraste, minimizando la distorsión introducida. Para encontrar éstos parámetros se utiliza una metaheurística (Particle Swarm Optimization - *PSO*) que permite realizar una búsqueda eficiente, además de que permite evaluar los resultados obtenidos durante la exploración utilizando una función de adaptación  $f(T)$ , que está compuesta por dos métricas (Entropía e Índice de Similitud Estructural) que logran medir cuánta mejora en el contraste se logró, y cuánta distorsión se introdujo, respectivamente. En la Figura 1 se muestra la interacción entre las partículas de *PSO*, el algoritmo de *CLAHE*, y cómo se efectúa la evaluación de resultados.

## Resultados

Para validar los resultados obtenidos por *PSO - CLAHE*, se implementó el enfoque propuesto por Byong Seok Min [2]. Los resultados se muestran en las Figuras 2, 3 y 4 para la comparación visual, y en la Figura 5 para la comparación de resultados de métricas:



Figura 2: Imagen de radiografía de tórax.  
(a) Original. (b) *PSO - CLAHE*.  $f(T)$ =0,8224 (c) Byong.  $f(T)$ =0,496

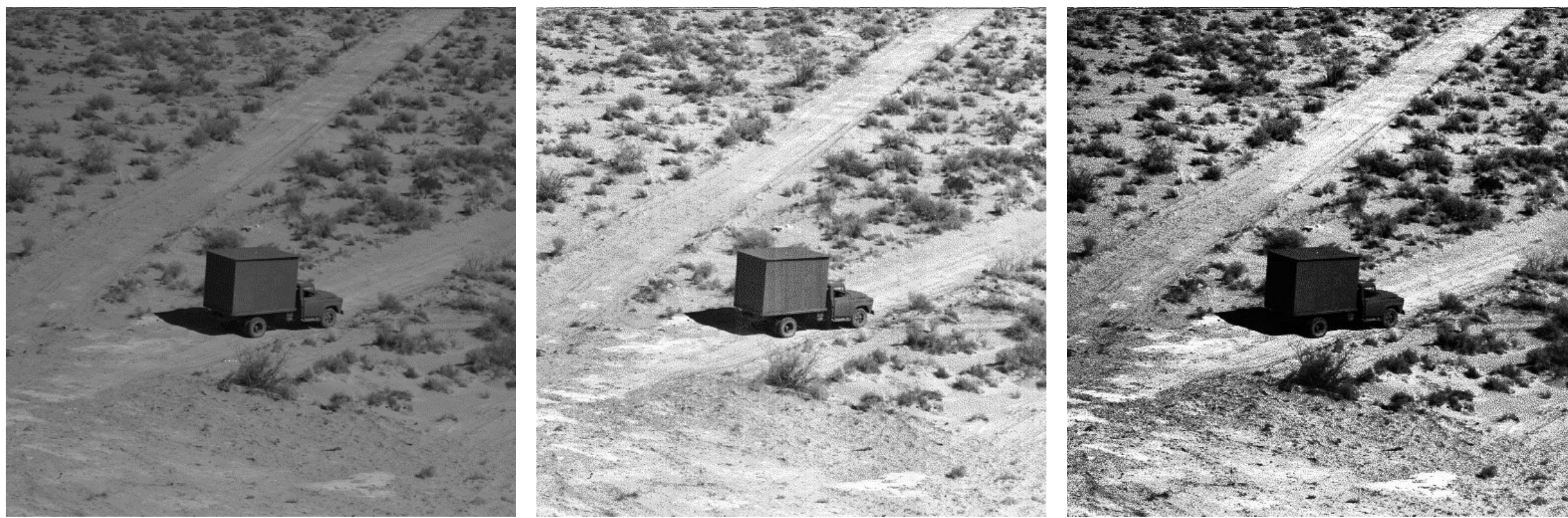


Figura 3: Comparación de resultados para una imagen miscelánea.  
(a) Original. (b) *PSO - CLAHE*.  $f(T)$ =0,7607 (c) Byong.  $f(T)$ =0,4690

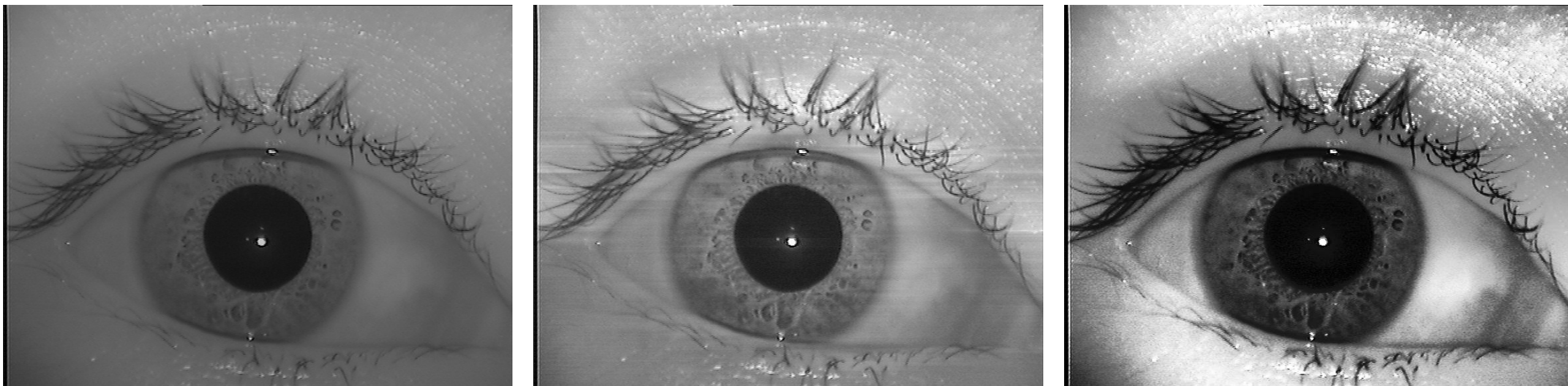


Figura 4: Comparación de resultados para una imagen biométrica.  
(a) Original. (b) *PSO - CLAHE*.  $f(T)$ =0,7683 (c) Byong.  $f(T)$ =0,5356

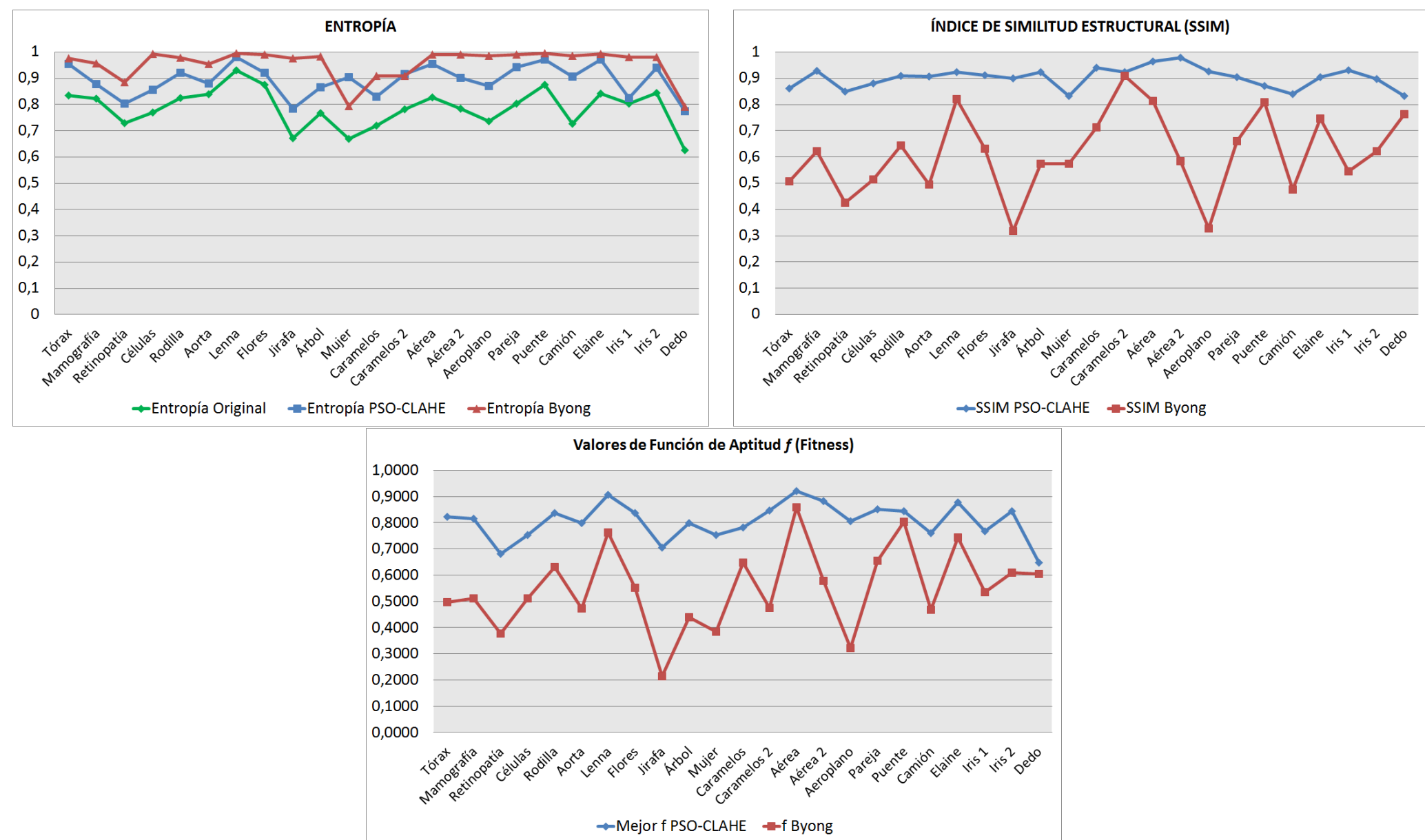


Figura 5: (a) Comparación de Entropía entre resultados para *PSO - CLAHE* y Byong (b) Comparación de *SSIM* entre *PSO - CLAHE* y Byong (c) Comparación de  $f(T)$  entre *PSO - CLAHE* y Byong.

## Conclusiones

- Los resultados de todas las imágenes para *PSO - CLAHE* muestran una clara mejora en el contraste, manteniendo la apariencia natural de las mismas.
- El aporte más importante del trabajo es la utilización efectiva de *CLAHE*, *PSO* y unas métri-



cas de evaluación de resultados (Entropía y *SSIM*) que permiten la mejora del constraste en imágenes en escala de grises, sin introducir una distorsión apreciable en las mismas.

### Trabajos Futuros

- Utilizar una implementación multi-objetivo de *PSO*, de manera a introducir objetivos que se consideren adecuados para la mejora del contraste.

- Realizar modificaciones al algoritmo de *CLAHE* de manera a que se tengan en cuenta múltiples ventanas de tamaños variables durante la optimización con *PSO*.

- Realizar una implementación de *PSO* – *CLAHE*, o una combinación de metaheurística con una técnica de mejora del contraste adaptada para imágenes a color.

### Referencias

[1] Karel Zuiderveld. Contrast limited adaptive histogram equalization. *Graphics Gems IV*, pages 474–485, 1994.

[2] Byong Seok Min, Dong Kyun Lim, Seung Jong Kim, and Joo Heung Lee. A novel method of determining parameters of clahe based on image entropy. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 7(5):113–120, September 2013.