

# Reto 1

Antonio José Moya Díaz

10 de mayo de 2012

En las siguientes líneas presento el procedimiento llevado a cabo para la resolución del primer reto de la asignatura.

## Análisis de la transformación dada

Se nos ha dado la siguiente operación de transformación:

$$R_j = 255 \cdot \min[1, \lambda \frac{I_j}{F_j}] \quad (1)$$

Procedamos a estudiar sus efectos sobre las imágenes.

## Análisis estadístico

Se nos han proporcionado 5 imágenes con sus 5 respectivos fondos. Vamos a estudiar que pasa con los valores de media, mediana y moda de los niveles de gris de la imagen cuando se va variando el valor de  $\lambda$ . Para ello he realizado la transformación para lambdas comprendidos entre 1 y 100. Además se ha realizado para las 5 imágenes promediando los resultados obtenidos para cada una de ellas con la intención de obtener un resultado lo más general posible.

Si atendemos a la figura 1 observamos que las tres variables estadísticas crecen de manera lineal con  $\lambda$ . Este hecho, en una primera observación, podría no decirnos demasiado. Así que antes de extraer conclusiones precipitadas hagamos otra prueba.

## Análisis del histograma

Escogiendo una de las 5 imágenes, la tratamos para 2 valores distintos de  $\lambda$  y mostramos sus co-

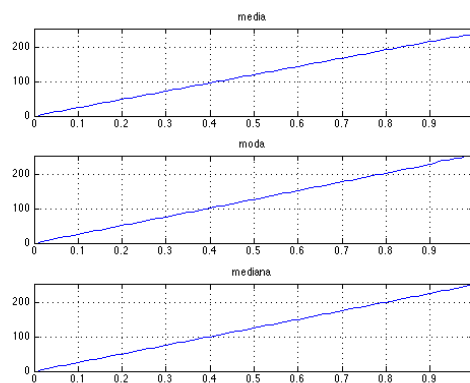


Figura 1: Evolución de estadísticas según  $\lambda$

respondientes histogramas.

Podemos observar el cambio que ha sufrido la imagen, así como su histograma en la figura 2.

Ahora, con los resultados de ambas figuras podemos empezar a intuir algunas cosas. En primer lugar observemos el histograma de la imagen original. En éste tenemos dos zonas, 2 relieves que nos indican la presencia de dos rangos de niveles de gris. El pico más prominente del histograma pertenece al nivel de gris que identificamos con el fondo. El segundo pico, más pequeño en amplitud, en una zona del histograma más próxima al valor 0, al negro, corresponde con la forma, la partícula biomédica que pretendemos separar del fondo. Teniendo claro este punto, pasemos a observar la variación del histograma que produce  $\lambda$ .

Lo primero que salta a la vista es el desplazamiento del pico del histograma perteneciente al fondo. Este se desplaza hacia la derecha con valores crecientes de  $\lambda$ . El segundo efecto, si nos fijamos un poco más detenidamente, es un ensanchamiento del histograma. Sin embargo,

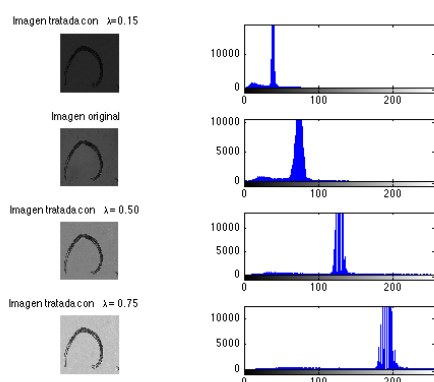


Figura 2: Imágenes para  $\lambda$  0.15, 0.25 y 0.75

dicho ensanchamiento no se produce de forma lineal. Observamos que la zona correspondiente a la partícula biomédica se ensancha considerablemente pero pierde intensidad. O lo que es lo mismo, sus valores se reparten en el espectro del gris. Sufre algo parecido a un contrastado. En cambio, la zona perteneciente al fondo sufre un ensanchamiento nimio, prácticamente imperceptible. Hablamos de ensanchamiento, obviamente, refiriéndonos a los valores de  $\lambda$  0.5 y 0.75. Para el caso 0.25 ocurre justamente lo contrario; se produce un desplazamiento hacia el 0 y una reducción del ancho del espectro.

El efecto visual que se produce en la imagen, como observamos, es un aumento en el contraste entre la forma biomédica y el fondo. Es decir, se destaca la forma del fondo. Eso es justamente lo que estábamos observando en el histograma. El espectro de la partícula se ensancha, pero apenas se desplaza, manteniendo aproximadamente constante su nivel de gris, mientras que el espectro del fondo apenas se ensancha y se desplaza hacia el blanco, por tanto, aclarándose, haciéndose más blanco. Notar que, adicionalmente, el ensanchamiento que sufre el espectro de la partícula es un efecto deseable que, en una situación real, podría llevar al experto que pretendiese analizar dicha partícula a observar diferencias dentro de ésta que fuesen muy difícilmente apreciables en la imagen original.

Hay otro cambio significativo que podría pasar desapercibido ante nuestros ojos si no miramos la

imagen y su histograma con la suficiente atención, y que tiene relación con el estudio realizado en la figura 1.

Fijémonos en la posición del espectro del fondo con respecto a la escala de grises completa. Ahora observemos el valor de  $\lambda$  usado. Pero no lo hagamos cualitativamente, hagámoslo cuantitativamente. Tomemos por ejemplo el caso de la imagen tratada con  $\lambda = 0,75$ . Si calculamos su moda, que aproximadamente es el centro del pico del espectro del fondo, obtenemos 191,25. Si tomamos ahora el caso de  $\lambda = 0,15$  y calculamos su moda, tenemos 38,25. Resulta realmente curioso si hacemos las siguientes operaciones:

$$255 \cdot 0,75 = 191,25 \quad (2)$$

$$255 \cdot 0,15 = 38,25 \quad (3)$$

Parece que podemos hacer ya la primera afirmación, y es que  $\lambda$  refleja, porcentualmente, la posición a la que vamos a desplazar el espectro del fondo. ¿Seguro? Si esta afirmación es cierta, debería existir un valor de  $\lambda$  para el cual el histograma de la imagen original no se desplazaría. Veamos, la moda de la imagen original es 74, que está en el 29,01 % del espectro completo del gris. Entonces, si aplicamos la transformación para  $\lambda = 0,2901$  no deberíamos ver cambios en el histograma. Podemos observarlo en la figura 3, cómo efectivamente no se ha desplazado el histograma.

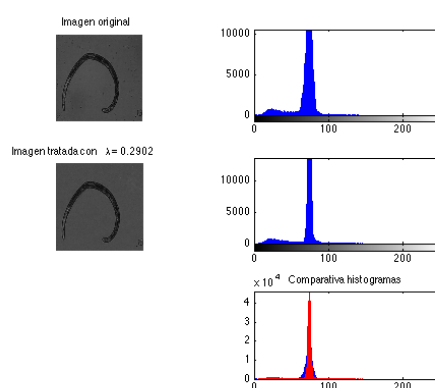


Figura 3: Comparativa para  $\lambda = 0,2901$

En la figura de abajo tenemos superpuestos los histogramas de la imagen original y de la imagen

transformada. No obstante, sí que hay un pequeño cambio entre ambos, y es que el histograma de la imagen transformada ha estrechado el pico del espectro perteneciente al fondo, aunque muy levemente.

## Conclusiones

Si nos hubiésemos parado a pensar detenidamente sobre la ecuación (1) probablemente habríamos llegado a las mismas conclusiones, sin embargo, el estudio anterior nos supone una demostración empírica de lo que vamos a afirmar a continuación.

La transformación dada parte de la base que el fondo a eliminar de la imagen y la imagen de fondo dada van a ser muy parecidas, idealmente la misma. Por tanto, al dividir un pixel del fondo de la imagen a mejorar (en adelante imagen I), por su correspondiente pixel en la imagen fondo (en adelante imagen F) el resultado será próximo - idealmente igual- a 1. Multiplicar, por tanto,  $\lambda$  por la unidad, nos dará  $\lambda$ , que será menor que 1, y por tanto, el valor escogido en la operación *min*. Consecuentemente, será  $\lambda$  el factor por el que multipliquemos 255. Este es el desplazamiento de la parte del histograma referente al fondo de la imagen I, que habíamos apreciado en el análisis de la imagen 2. Los píxeles del fondo se desplazan a un nivel de gris indicado porcentualmente por el parámetro  $\lambda$ .

En cambio, los píxeles de la forma biomédica a aislar del fondo tendrán un nivel de gris considerablemente inferior a los píxeles correspondientes en la imagen fondo. La división de ambos nos dará un valor inferior a 1, que a su vez, al multiplicar por  $\lambda$  se hará todavía más pequeño. Estando muy por debajo de 1 podemos multiplicar esos valores por 255 sin miedo de que se puedan saturar, lo que nos ensanchará el espectro de éstos.

## Diseño de una transformación alternativa

### Primera aproximación

Como hemos visto anteriormente, partimos de la base de que los valores de los píxeles de la imagen fondo, y del fondo de la imagen a mejorar serán

prácticamente iguales. Ya que son valores prácticamente iguales, deberíamos poder eliminarlos (entiéndase en este caso, hacerlos 0) con una simple resta. Ahora bien, hay que tener cuidado con dicha resta. La imagen a mejorar tiene valores iguales (en su fondo) o menores (en la forma biomédica) a los de la imagen fondo, por lo que si a la imagen a mejorar I restamos la imagen fondo F el resultado será una imagen negra, todo a 0 o con valores muy cercanos a 0. De hecho, si probamos a hacerlo con una imagen cualquiera y calculamos su media, ésta nos saldrá por debajo de 1. Sin embargo, si probamos a hacer la operación inversa, restar al fondo F la imagen I nos quedará una imagen que tendrá a 0, o prácticamente a 0, los valores del fondo y con valores distintos de 0, aunque pequeños, los referentes a la forma biomédica.

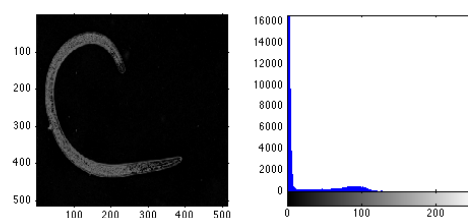


Figura 4: Resultado resta F-I

Se puede, por tanto, observar en la imagen 4 que esta operación conserva la forma biomédica. Sin embargo, con un simple vistazo uno puede intuir que el resultado tiene, por así decirlo, forma de "negativo". Así pues la siguiente prueba casi inmediata es invertir la imagen.

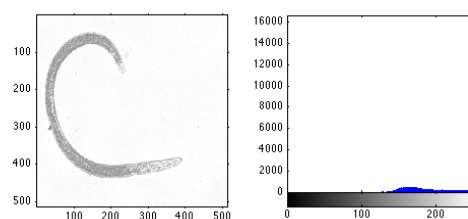


Figura 5: Inversión de la resta F-I

Como vemos, tenemos un resultado que como primera aproximación no está mal. Sin embargo, está demasiado clara, su histograma se encuentra demasiado desplazado hacia 255.

Para intentar arreglar esto, echando un vistazo al histograma de la figura 4 podríamos pensar que si contrastamos, es decir, si ensanchamos el lóbulo del histograma perteneciente a la forma biomédica, al invertir la imagen tendremos unos mejores resultados. Y en efecto así es. Sin embargo, aunque podemos contrastar la imagen de una forma tan sencilla como multiplicar por un factor, la pregunta sería ¿cuánto vale ese factor?

## Factor de contraste

Si atendemos a la transformación que estudiamos anteriormente ésta también dependía de un factor  $\lambda$  por lo que podríamos, simplemente, dejar el algoritmo dependiente de un factor a introducir por el usuario. Sin embargo, si pretendemos en lo posible mejorar dicha transformación, sería realmente bueno encontrar un factor que funcionase bien para todas imágenes o para un abanico amplio de ellas. O bien, encontrar alguna forma de que dicho factor se calcule de forma automática según las imágenes dadas, haciendo el algoritmo completamente transparente para el usuario.

## Propuesta de factor

Durante el análisis de la transformación dada que hicimos anteriormente vimos como la media de las imágenes de fondo F, es mayor que la media de las imágenes con la forma biomédica I. Si hacemos un pequeño estudio estadístico entre las imágenes dadas<sup>1</sup> y probamos a restar dichas medias observaremos que la diferencia en ningún caso es mayor que 10. Así pues, se propone usar el factor mostrado en la ecuación (4), donde  $\bar{F}$  y  $\bar{I}$  con las medias respectivas de fondo F e imagen I.

$$f = \frac{10}{\bar{F} - \bar{I}} \quad (4)$$

Esto es, si las medias de las imágenes son muy próximas, al restar como hicimos en la figura 4, la forma biomédica, su histograma, nos quedará muy próximo a 0 por lo que necesitará un mayor factor de contraste. En cambio, si sus medias están más

<sup>1</sup>Notar que se ha estimado con una batería de 5 imágenes, para una mayor corrección habría que probar con una batería de imágenes mucho mayor.

alejadas, su histograma no quedará tan cercano a 0 y su factor de contraste será menor. Así pues, en la ecuación (4) tenemos justamente esto. Si sus medias son próximas, la resta de ellas tenderá a 1 y el factor, por tanto, a 10. En cambio si la diferencia de las medias es mayor, el factor disminuirá.

En este punto hemos de hacer un par de observaciones.

**Primero** ¿podría ser la diferencia de las medias 0, provocando que el factor se hiciera infinito? Técnicamente sí, pero si partimos de la base de que la imagen fondo F, va a ser prácticamente igual al fondo de la imagen con la forma biomédica I; el que la diferencia de sus medias fuese 0, implicaría que la forma biomédica apenas se diferenciaría del área de la imagen fondo F que corresponde a su posición. En cuyo caso la forma sería prácticamente irrecuperable, aún con la transformación que estudiamos con anterioridad.

**Segundo** Si el factor  $f$  tiende a 0, al multiplicar por la imagen nos llevaría toda la imagen al negro, perdiendo así la forma biomédica. ¿Puede ésto ocurrir? Pues bien, el valor mínimo para el factor  $f$  será aquel para el cual, la media del fondo F sea 255 y la media la imagen I sea 0. Pero en este caso... ¡no tendríamos imagen que recuperar! Por tanto, vuelvo a insistir sobre la premisa inicial, imagen I y fondo F tendrán un gran área de ambas en cuyos valores van prácticamente a coincidir. Por tanto, aunque la forma biomédica se diferenciase muchísimo del fondo, la mayor parte de la imagen seguiría siendo fondo, acercando, por tanto, ambas medias entre sí.

Hechas estas observaciones, podemos observar el resultado del factor en la figura 6. Sin embargo, si comparamos con la figura 5 la mejora en el contraste es apenas imperceptible.

## Correcciones al factor

Insistiendo en la idea de un factor que se calcule de forma automática, y tomando como base el factor anteriormente propuesto, se han realizado diversas pruebas llegando a la propuesta mostrada en la ecuación (5).

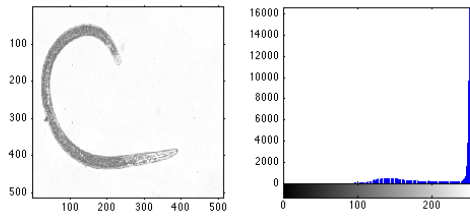


Figura 6: Imagen contrastada con factor f

$$f = \frac{10}{\bar{F} - \bar{I}} + 2\alpha \quad (5)$$

Dónde  $\alpha \in [0, 1]$ , tomando, en el algoritmo propuesto, un valor por defecto de 0.5.

Es decir, la idea es que para cualquier imagen dada usar el factor propuesto en la ecuación (4) con una corrección de +1, pero dejando al usuario la posibilidad de modificar levemente el contraste variando esa corrección entre 0 y 2.

En la figura 7 podemos observar el efecto de modificar el parámetro  $\alpha$

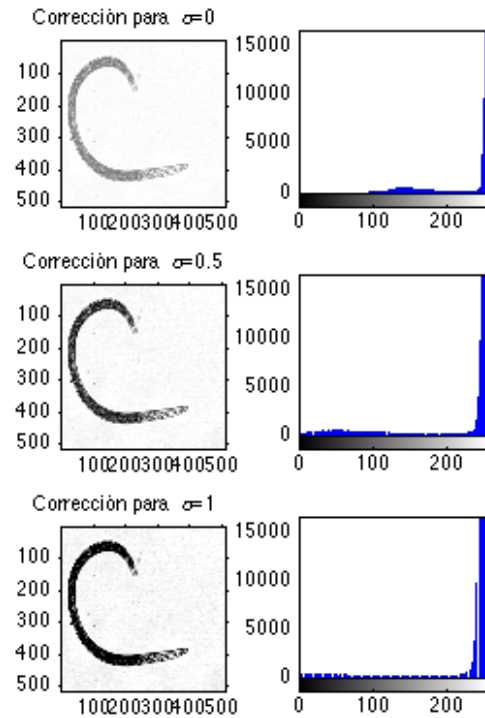


Figura 7: Imagen contrastada para distintos  $\alpha$

## Conclusiones

Así pues tras este breve desarrollo, la transformación en total quedaría de la forma mostrada en la ecuación (6)

$$R = 255 - [(F - I) \left( \frac{10}{\bar{F} - \bar{I}} + 2\alpha \right)] \quad (6)$$

Dónde  $\alpha \in [0, 1]$

Es decir, le restamos al fondo F la imagen I quedándonos algo parecido al negativo de la imagen que deseamos. A ese negativo le aplicamos un factor para mejorar su contraste (expandir su histograma) y finalmente invertimos la imagen.

## Resultados

Finalmente, a continuación, se presentan los resultados de un par de las imágenes dadas, aplicándoles la transformación para  $\alpha$  por defecto (0.5). Figuras 8 y 9

## Comparativa

Para finalizar, vamos a comparar la transformación dada con la transformación desarrollada.

En primer lugar, en las figuras de 10 y 11 podemos ver el resultado, de una forma subjetiva, de la diferencia de los resultados entre las imágenes mejoradas con la transformación de la ecuación (1) para un valor de  $\lambda$  fijo igual 1 a la izquierda y con la transformación de la ecuación (6) para un valor fijo de  $\alpha$  igual a 0.5 a la derecha. No olvidemos que la transformación propuesta tiene un ligero margen de mejora, y de la misma forma, que la transformación dada con  $\lambda = 1$  puede no ser la más óptima.

Un aspecto destacable de la transformación propuesta en contraposición con la transformación dada, es que para cualquier margen del rango del ajuste dado por  $\alpha$  el fondo de la imagen está prácti-

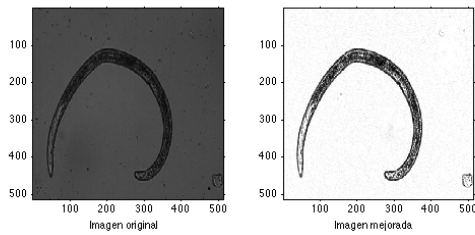


Figura 8: Resultado Imagen 1

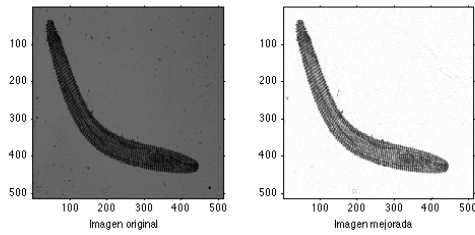


Figura 9: Resultado Imagen 2

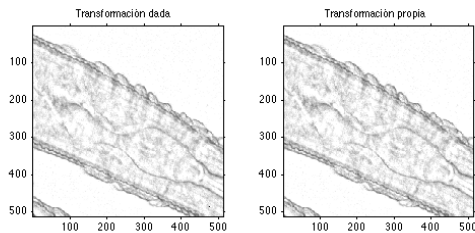


Figura 10: Comparativa de la imagen 3

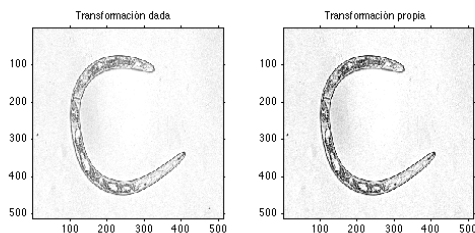


Figura 11: Comparativa de la imagen 4

camente eliminado, mientras que en la transformación dada el fondo solo queda eliminado a un nivel comparable para valores altos de  $\lambda$ . Este efecto se puede ver en la figura 12 en la que se han representado las imágenes mejoradas para los valores

extremos, y para el valor medio, de los parámetros de ambas transformaciones.

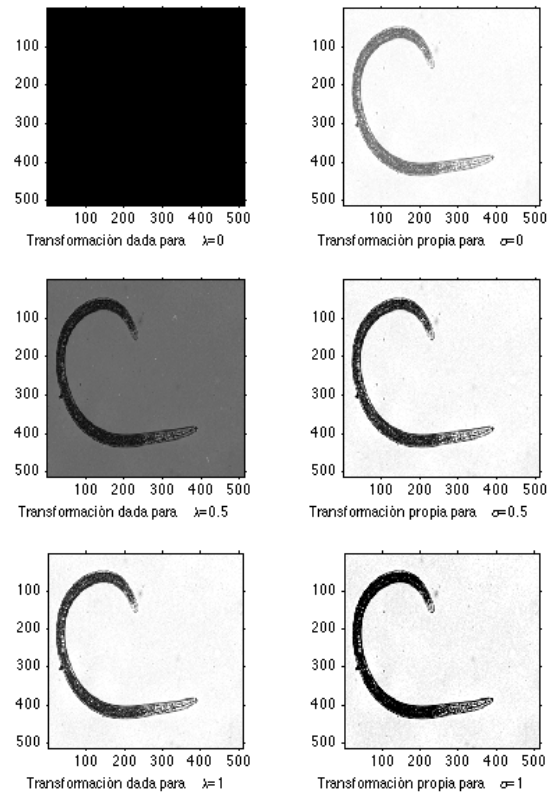


Figura 12: Comparativa de la imagen 5 para distintos valores del parámetro

Por último, también se ha hecho una breve comparación de la eficiencia de los algoritmos en cuanto a tiempo de ejecución se refiere. Para ello se ha diseñado un pequeño script que lanza una batería de 10000 ejecuciones de ambos algoritmos, contando sus distintos tiempos de ejecución por separado y promediando en el total de las simulaciones. Hay que decir que son algoritmos realmente rápidos y que los resultados se encuentran en un cierto rango de fluctuación. No obstante, tras ejecutar esta comparativa varias veces, la transformación dada por la ecuación (1) tarda en torno a unos  $5,5ms$  en ejecutarse, mientras que la transformación propuesta, dada por la ecuación (6) tarda en torno a  $4ms$ .