



**Universidad Veracruzana**

Maestría en Inteligencia Artificial

**Visión por Computadora**

**Tarea 3. Implementación de la ecualización de  
píxeles por histograma para el mejoramiento de  
imágenes en Julia.**

*Ángel García Báez*

Profesor: Dr. Héctor Acosta Mesa

6 de marzo de 2025

# Índice

<b>1. Objetivo de la práctica</b>	<b>2</b>
<b>2. Metodología</b>	<b>4</b>
<b>3. Resultados</b>	<b>5</b>
3.1. Figura 1 . . . . .	5
3.2. Figura 2 . . . . .	7
3.3. Figura 3 . . . . .	9
3.4. Figura 4 . . . . .	11
<b>4. Conclusiones</b>	<b>13</b>
<b>5. Referencias</b>	<b>14</b>
<b>6. Anexos</b>	<b>15</b>
6.1. Implementación de la ecualización por histograma . . . . .	15

## 1. Objetivo de la práctica

Se tiene un conjunto de 4 imágenes que en esencia, son la misma imagen pero variaciones en sus tonalidades de grises:

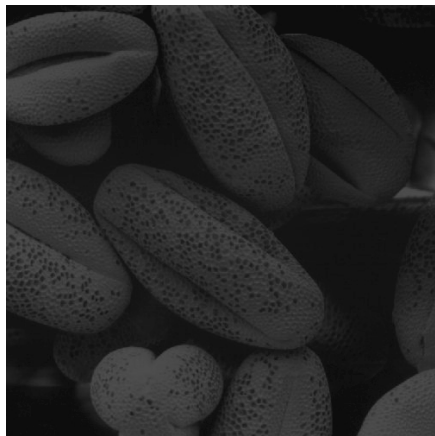


Figura 1: Imagen oscurecida.



Figura 2: Imagen opaca.

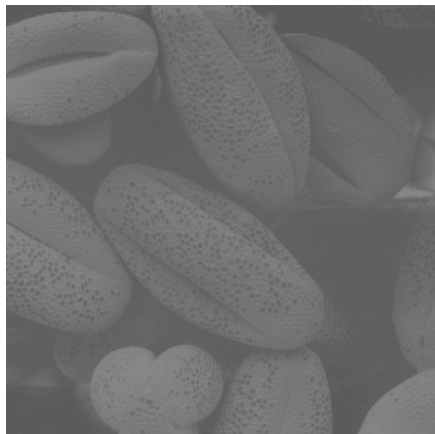


Figura 3: Imagen opaca oscura.

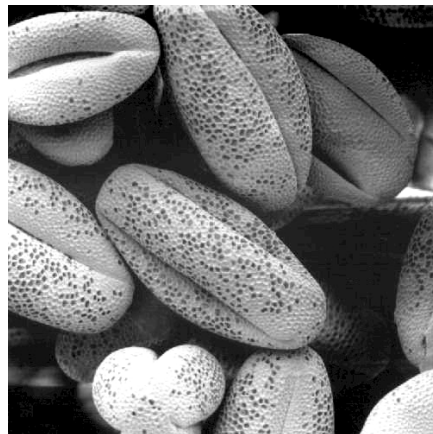


Figura 4: Imagen balanceada.

Figura 5: Figuras de interés extraídas del libro de Digital Image Processing.

El objetivo de la presente practica es implementar un algoritmo basado en el histograma de los pixeles de a imagen con la finalidad de ecualizar la imagen y conseguir un mejoramiento de la misma de forma que se puedan comparar los resultados arrojados para cada imagen.

Para ello, se pide que:

1. Escribir un programa que haga el computo del histograma de la imagen
2. Implementación de la técnica de ecualización por histograma que se discutió en la sección 3.3.1.
3. Usar el conjunto de figuras propuestas y aplicarles la técnica de ecualización implementada.
4. Para cada una de las imágenes se debe incluir como mínimo, la imagen original, su histograma, la imagen mejorada por la técnica y su correspondiente histograma
5. Explique brevemente porque el resultado de la imagen fue el obtenido y como es que mejoro.

## 2. Metodología

Para la construcción del histograma, se plantea reallizar el conteo de frecuencias de cada uno de los valores de los pixeles que se encuentran en un rango entre 0 y 255.

Posteriormente, se gráfica tomando de base la estructura del gráfico de barras.

Para la obtención de las probabilidades de cada valor en el rango, se calcula como sigue segun lo revisado en Depaoli et al. (2012) y Gonzalez and Woods (2018):

$$P_k = \frac{n_k}{n}$$

Donde:

- $P_k$  = Probabilidad del nivel  $k$  –ésimo de gris.
- $n_k$  = Cantidad de pixeles de nivel gris  $k$ .
- $n$  = Cantidad total de pixeles.

Posteriormente, para lograr la expansión del rango se utiliza la distribución de probabilidad acumulada, definida por:

$$F(k) = \sum_{i=0}^k P_i \text{ para } 0 \leq k \leq 255$$

Aplicada sobre la expansión del caso, se utiliza junto con la siguiente normalización, contando con el caso donde el mínimo de la distribución no sea 0.

$$G(k) = 255 * \frac{F(k) - \min(F)}{255 - \min(F)}$$

Donde:

- $F$  = Es el conjunto de valores de toda la distribución acumulada.
- $F(k)$  = Es la probabilidad acumulada hasta el pixel  $k$  –ésimo.

Dado el conjunto de imágenes, se plantea implementar el filtro en lenguaje Julia haciendo uso de sus módulos para operar con imágenes como matrices, dada su simpleza y velocidad.

### 3. Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada una de las figuras:

#### 3.1. Figura 1

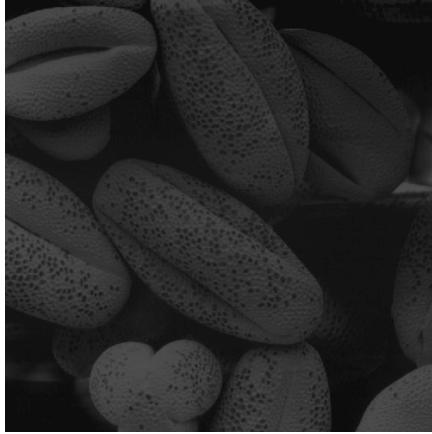


Figura 6: Figura 1 original.

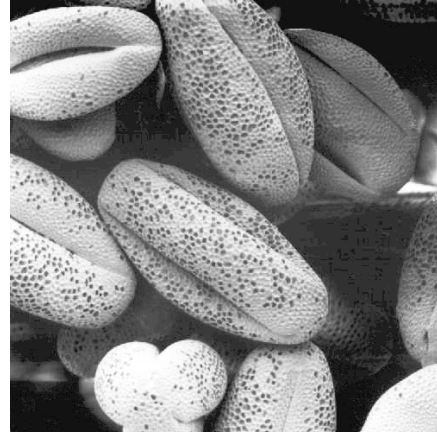


Figura 7: Figura 1 mejorada.

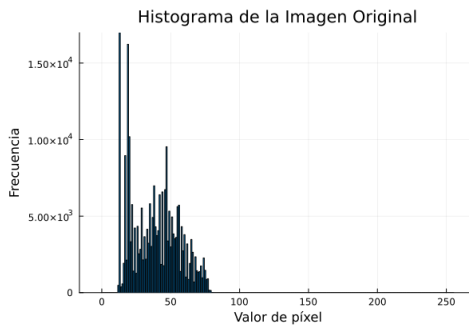


Figura 8: Histograma original.

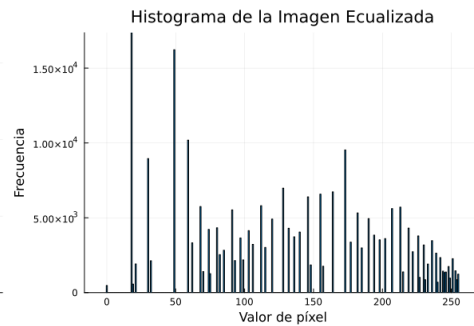


Figura 9: Histograma ecualizado.

Figura 10: Comparativa de resultados para la figura 1.

Acorde con el histograma de la figura 1 original, se puede apreciar como es que la mayoría de sus píxeles se encuentra a la izquierda del histograma, es decir, que su rango de grises son mayormente oscuros casi siendo negros.

Al aplicar el mejoramiento de la imagen, se observa como dicho comportamiento del histograma pasa de estar concentrado a la izquierda para poder

expandirse a lo largo de todo el rango de grises, reflejándose esto mismo en la imagen que presenta matices más claros con tonalidades de blanco.

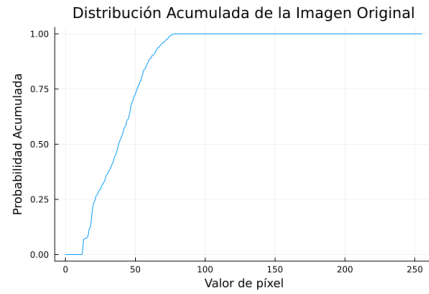


Figura 11: Distribución acumulada original.

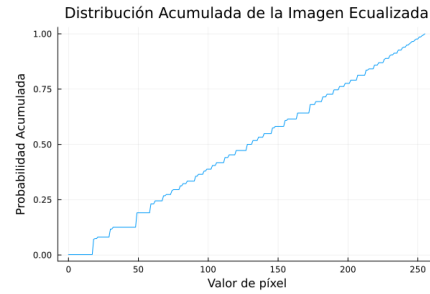


Figura 12: Distribución acumulada ecualizada.

Figura 13: Comparativa de distribuciones acumuladas para la figura 1.

Adicionalmente, se gráfico la función de probabilidad acumulada para los píxeles. Se puede observar como la función de probabilidad asociada a la figura 1 original tiende a crecer rápidamente hasta alcanzar su máximo en valores cerca del 100, evidenciando la fuerte carga de los tonos de gris en los píxeles hacia tonos oscuros.

Por otro lado, la gráfica correspondiente a la figura 1 mejorada se observa como si fuera una línea casi diagonal con ligeras perturbaciones en su camino. Resalta en dicha gráfica que la mayor cantidad de perturbaciones se encuentran justamente en los valores de píxeles comprendidos entre 0 y 100, mostrando así como mantiene su relación respecto a la gráfica de la imagen original pero expandiendo el rango de valores que pueden tomar los píxeles.

### 3.2. Figura 2



Figura 14: Figura 2 original.



Figura 15: Figura 2 mejorada.

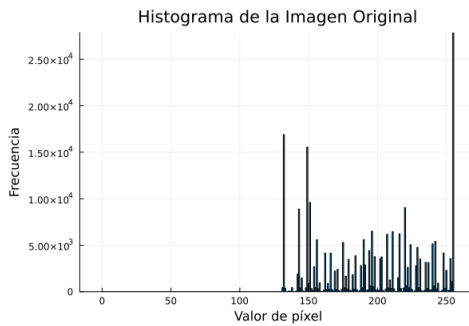


Figura 16: Histograma original.

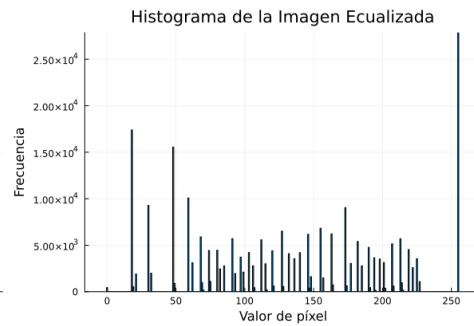


Figura 17: Histograma ecualizado.

Figura 18: Comparativa de resultados para la figura 2.

La imagen 2 se caracteriza principalmente por tener tonalidades opacas, dicho comportamiento se refleja en el histograma original, puesto que sus frecuencias caen totalmente en valores a la derecha del gráfico, por encima de los valores de 100.

La imagen mejorada logra ampliar el rango de los pixeles de la imagen original al punto que se logra distinguir perfectamente entre los tonos, aunque parecería igual a la figura mejorada 1, el histograma asociado muestra que si bien, se realizó una expansión del rango de valores de los pixeles, existe una fuerte carga hacia el color blanco y aun así, se abarca la mayoría



de los valores pero no el espectro en su totalidad.

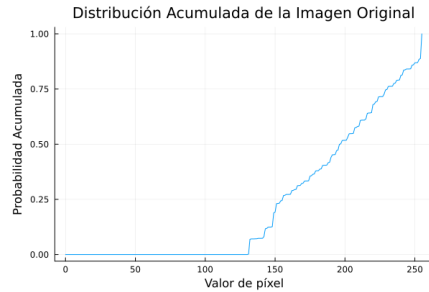


Figura 19: Distribución acumulada original.

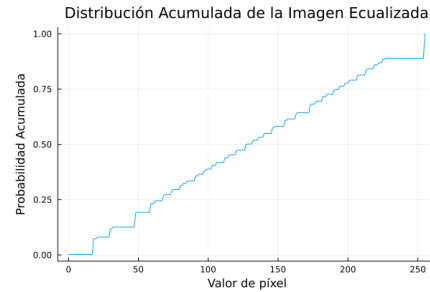


Figura 20: Distribución acumulada ecualizada.

Figura 21: Comparativa de distribuciones acumuladas para la figura 2.

Complementariamente se obtuvo la distribución de probabilidad acumulada de la figura 2, misma que muestra un comportamiento inverso al de la figura 1. Dicha gráfica refleja como no existen píxeles con valores de entre 0 y 120, después del 120 se observa como la probabilidad se va acumulando gradualmente hasta que llega a dar un salto marcado en el valor 255.

Dicho comportamiento se logra reducir en la distribución de probabilidad acumulada de la imagen mejorada, la cual se presenta en su mayoría como si fuera una diagonal con leves perturbaciones en su trayecto, pero es notorio como dicha gráfica tiene un comportamiento lleno de perturbaciones en los valores de 0 a 50 y de 230 a 255, es decir, en los extremos.

### 3.3. Figura 3



Figura 22: Figura 3 original.



Figura 23: Figura 3 mejorada.

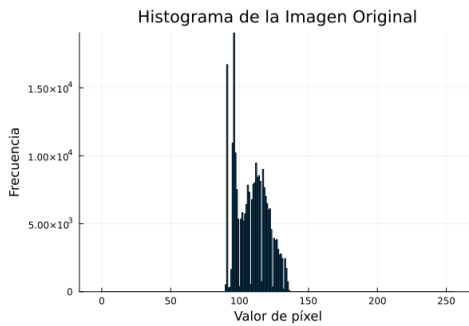


Figura 24: Histograma original.

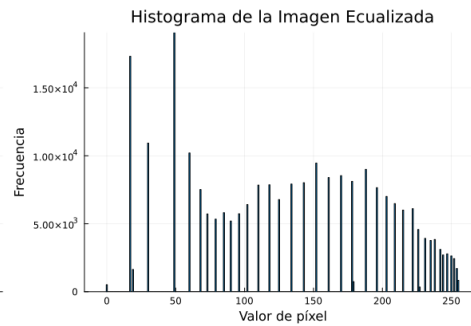


Figura 25: Histograma ecualizado.

Figura 26: Comparativa de resultados para la figura 3.

La figura 3 se caracteriza por tener tonos intermedios, ni muy blancos ni muy negros, dicho comportamiento se refleja en su histograma, el cual muestra una concentración de los valores de los píxeles entre 90 y 150 aproximadamente. Dichos comportamiento tiene la particularidad de estar muy compacto hacia el centro de los valores del rango que puede tomar.

Al aplicar la ecualización, la imagen se realza, haciendo una mejor distinción de la figura 3, como si la imagen hubiera sido "limpiada" de polvo que tenía por encima. El histograma asociado muestra como la expansión del rango de los valores de los píxeles se logra, con una mayor carga hacia los

valores blancos y siendo muy poco distribuidos los valores de tonos negros que se encuentran entre 0 y 50.

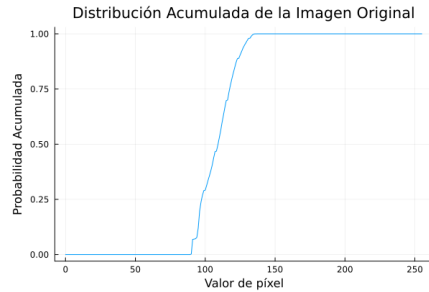


Figura 27: Distribución acumulada original.

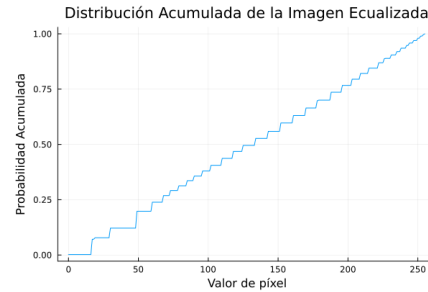


Figura 28: Distribución acumulada ecualizada.

Figura 29: Comparativa de distribuciones acumuladas para la figura 3.

Adicionalmente, se hizo el gráfico de la distribución acumulada de probabilidad para la figura 3, dicho gráfico presenta un comportamiento como de función sigmoide, es decir, tiene un comportamiento casi monotono en los extremos pero es en el centro donde da un salto que la lleva gradualmente de 0 a 1 en el intervalo de valores entre 90 y 150.

Al realizar el mejoramiento de la figura, dicha distribución se regularizada pero con la particularidad de que presenta varias perturbaciones en valores de píxeles entre 0 y 50 que es a donde no termino por expandirse con el histograma.

### 3.4. Figura 4



Figura 30: Figura 4 original.



Figura 31: Figura 4 mejorada.

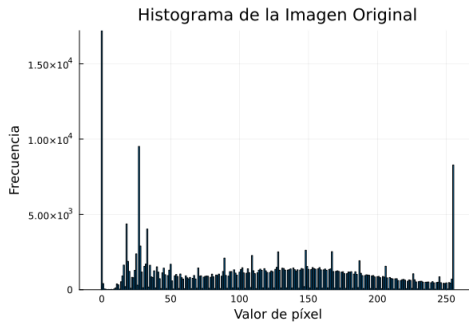


Figura 32: Histograma original.

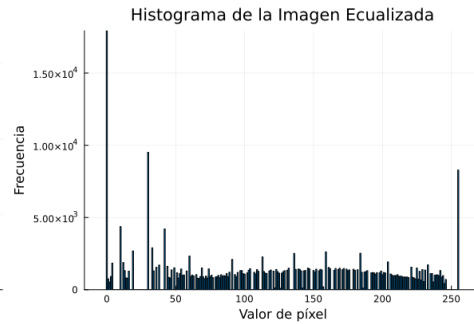


Figura 33: Histograma ecualizado.

Figura 34: Comparativa de resultados para la figura 4.

La figura 4 se caracteriza principalmente por ser la más *estándar*, al observar su histograma se puede caer en cuenta del porque se puede decir esto, el histograma muestra una distribución de los valores de los píxeles por todo el rango de 0 a 255 con una carga considerable de valores en negro.

Al aplicar el mejoramiento, a simple vista parece que no cambio mucho, sin embargo, al hacerle zoom a la imagen se pueden apreciar ligeras diferencias entre los matices de los blancos. Por otro lado, el histograma revela que la expansión del rango se mantuvo casi igual a excepción de que ahora hay una mayor distribución de los píxeles entre 0 y 50, rango que no estaba siendo

abarcado por la imagen origina.

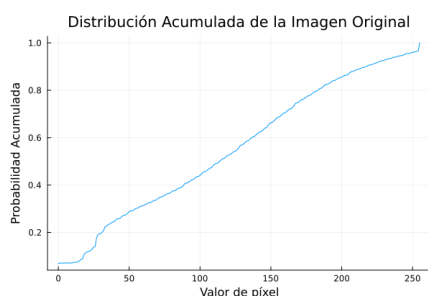


Figura 35: Distribución acumulada original.

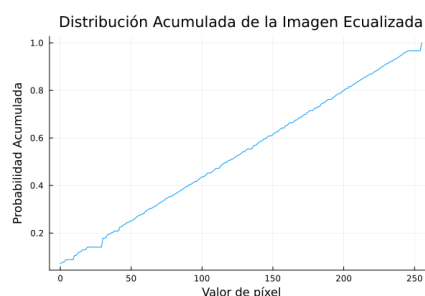


Figura 36: Distribución acumulada ecualizada.

Figura 37: Comparativa de distribuciones acumuladas para la figura 4.

Adicionalmente se hizo el gráfico de la distribución de probabilidad acumulada, la cual muestra un comportamiento casi perfecto como diagonal, a excepción de ligeras variaciones, es muy parecida a su versión ecualizada, por lo que a términos prácticos, se traduce en que la imagen si tuvo ciertas mejoras visuales pero son muy sutiles.

## 4. Conclusiones

Tras la implementación paso a paso y observar los resultados para cada una de las cuatro imágenes, se puede concluir que el mejoramiento por histograma logra su cometido al expandir el rango de valores que pueden tomar los píxeles en una imagen, de forma que queda más uniforme pero con una ligera inclinación hacia los valores donde originalmente estaba más concentrada la distribución. Tal parece que dicha mejora es sustancial en imágenes que los valores de sus píxeles muy compactos, como se vio en el caso de la imagen 1, 2 y 3, en contraposición con el caso de la imagen 4, donde la mejora no fue tan notoria dado que sus píxeles ya estaban repartidos por todo el espacio

## 5. Referencias

### Referencias

- Depaoli, R., Fernández, L. A., and Diaz, D. (2012). Optimización de la ecualización del histograma en el procesamiento de imágenes digitales. In *Trabajo presentado en VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, pages 238–242, Pcia. de Bs. As.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing*. Pearson.

## 6. Anexos

### 6.1. Implementación de la ecualización por histograma

```
1  ##### Paquetes necesarios #####
2  using Plots # Para graficar
3  using Images # Para manipular imagenes
4  using StatsBase # Función basicas de estadística
5
6  ##### Función que hace todo el proceso, genera las gráficas y las imagenes
7  function ecualizado(img)
8      # Convertir la imagen a rango de 0 a 255
9      img1 = round.(Int, Gray.(img) .* 255)
10     # Obtener la tabla de frecuencias de la imagen original
11     tabla = countmap(img1)
12     # Definir los niveles de 0 a 255
13     niveles = 0:255
14     # Asegurarse de que todos los niveles estén presentes
15     tabla1 = Dict{level => get(tabla, level, 0) for level in niveles}
16     # Descomponer el resultado en 2 vectores
17     x = collect(keys(tabla1))
18     y = collect(values(tabla1))
19     # Ordenar x y obtener los índices de la ordenación
20     indices = sortperm(x)
21     # Reordenar x y y según los índices ordenados
22     x = x[indices]
23     y = y[indices]
24     # Calcular las probabilidades
25     N = sum(y) # Total de píxeles
26     pp = y / N # Probabilidad de aparición de cada píxel
27     # Acumulador de las probabilidades
28     acum = copy(pp) # Vector de probabilidades para hacer la acumulada
29     for i in 2:length(acum)
30         acum[i] = acum[i] + acum[i - 1]
31     end
32
33     # Mostrar el histograma original
34     p1 = bar(x, y, label="Histograma Original", legend=:false,
35             xlabel="Valor de píxel", ylabel="Frecuencia",
36             title="Histograma de la Imagen Original")
37
```



```

38      # Mostrar la distribución acumulada original
39      p2 = plot(x, acum, label="Distribución Acumulada Original", legend=:false,
40      xlabel="Valor de píxel", ylabel="Probabilidad Acumulada",
41      title="Distribución Acumulada de la Imagen Original")
42
43      # Usar la probabilidad acumulada para asignar el nuevo valor de cada píxel
44      imgt = vec(img1)
45
46      # Ajuste de los valores de los píxeles
47      Fk = round.(255 * acum[imgt .+ 1]) # Fk es el valor ajustado
48      F0 = minimum(Fk) # Valor mínimo ajustado
49      salida = round.(255 * ((Fk .- F0) / (255 - F0))) # Normalizar a [0, 255]
50      # Darle el formato original de la matriz
51      D = size(img1) # Dimensiones de la imagen
52      salida = reshape(salida, D[1], D[2])
53
54      # Convertir la matriz a una salida que se rasterice como imagen
55      res = clamp.(salida ./ 255, 0, 1) # Salidas entre 0 y 1
56
57      # Mostrar el histograma de la imagen ecualizada
58      tabla2 = countmap(round.(Int, res .* 255)) # Conteos ecualizada
59      tabla2_ordenada = Dict{level => get(tabla2, level, 0) for level in niveles}
60      x2 = collect(keys(tabla2_ordenada))
61      y2 = collect(values(tabla2_ordenada))
62      # Ordenar en función de los índices
63      indices2 = sortperm(x2)
64      x2 = x2[indices2]
65      y2 = y2[indices2]
66      # Proyectar el histograma
67      p3 = bar(x2, y2, label="Histograma Ecualizado",
68      legend=:false, xlabel="Valor de píxel",
69      ylabel="Frecuencia", title="Histograma de la Imagen Ecualizada")
70
71      # Calcular la distribución acumulada de la imagen ecualizada
72      N2 = sum(y2)
73      pp2 = y2 / N2
74      acum2 = copy(pp2)
75      for i in 2:length(acum2)
76          acum2[i] = acum2[i] + acum2[i - 1]
77      end

```

```

78
79     # Mostrar la distribución acumulada de la imagen ecualizada
80     p4 = plot(x2, acum2,
81     label="Distribución Acumulada Ecualizada", legend=:false,
82     xlabel="Valor de píxel", ylabel="Probabilidad Acumulada",
83     title="Distribución Acumulada de la Imagen Ecualizada")
84     # Regresar la imagen ecualizada en formato Gray
85     return p1,p2,p3,p4,Gray.(res);
86 end
87
88
89
90
91 #### Lista de rutas de imágenes para las salidas ####
92
93     rutas = ["IMG/Fig3.15(a)1.jpg", "IMG/Fig3.15(a)2.jpg",
94     "IMG/Fig3.15(a)3.jpg", "IMG/Fig3.15(a)4.jpg"]
95
96     # Procesar cada imagen y obtener sus salidas #
97     for (i, ruta) in enumerate(rutas)
98         img = load(ruta)
99         res = ecualizado(img)
100         # Guardar los gráficos y la imagen ecualizada
101         savefig(res[1], "RESULTADOS/img$(i)1.png")
102         savefig(res[2], "RESULTADOS/img$(i)2.png")
103         savefig(res[3], "RESULTADOS/img$(i)3.png")
104         savefig(res[4], "RESULTADOS/img$(i)4.png")
105         save("RESULTADOS/img$(i)5.png", res[5])
106     end

```