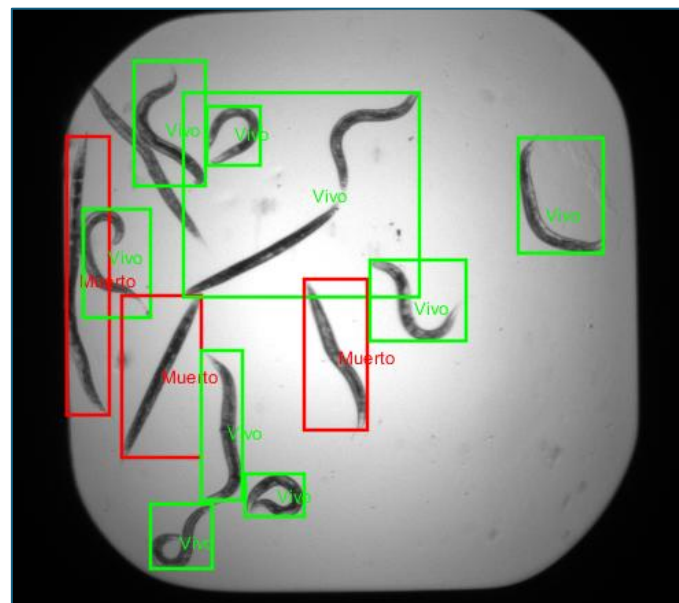
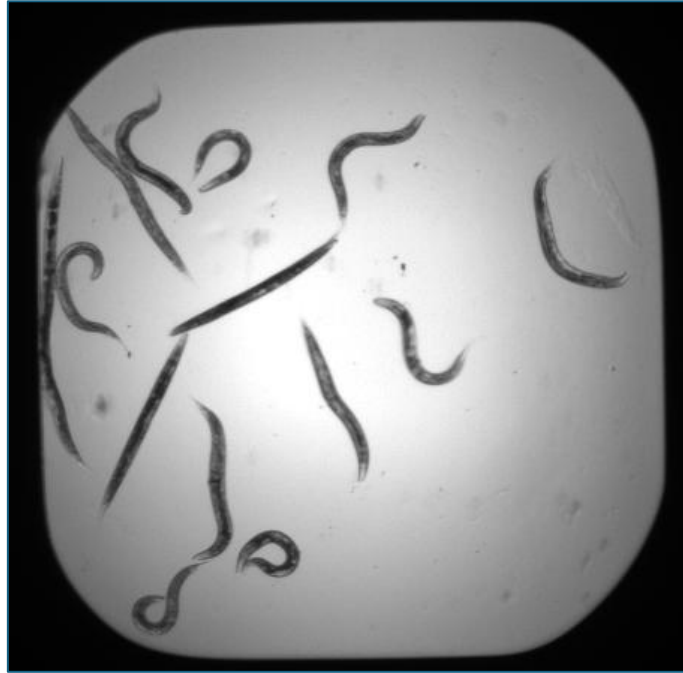


# IDENTIFICACIÓN DE GUSANOS



## **Especificaciones**

En este proyecto se desarrollará un programa capaz de clasificar imágenes obtenidas mediante un microscopio, con el objetivo de identificar y contar gusanos intestinales vivos y muertos. El reto principal consiste en analizar la morfología de los gusanos presentes en cada imagen, distinguiendo entre los vivos, los cuales presentan una forma curvilínea y los muertos, que tienen una forma rectilínea. A partir de esta información, el sistema deberá determinar a qué categoría pertenece la imagen en su conjunto, según la mayoría de gusanos detectados.

Además, el programa deberá evaluar su precisión comparando los resultados obtenidos con un archivo de referencia (.csv), que indica la clasificación correcta y el número real de gusanos vivos y muertos por imagen. También se requerirá generar una versión anotada de cada imagen, en la que se destaquen visualmente los gusanos identificados y su clasificación. Este proyecto plantea un caso práctico de aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes y clasificación automática, con potencial utilidad en el ámbito biomédico y diagnóstico asistido por computador.

## Diseño de la solución

Para resolver el problema de clasificación e identificación de gusanos vivos y muertos en imágenes microscópicas, hemos desarrollado un algoritmo en MATLAB basado en procesamiento de imagen y análisis morfológico. A continuación, se detalla el diseño y razonamiento de la solución adoptada.

Esquema:

1. Leer carpeta con imágenes y archivo CSV con los datos reales.
2. Para cada imagen:
  - a. Convertir a escala de grises si es RGB.
  - b. Corregir los píxeles negros (asumidos como errores).
  - c. Crear una máscara que aisle el área útil (interior del cristal).
  - d. Limpiar la imagen para eliminar bordes, ruido y estructuras irrelevantes.
  - e. Binarizar adaptativamente para detectar gusanos (objetos oscuros).
  - f. Eliminar objetos tocando los bordes y zonas externas.
  - g. Aplicar morfología (aperturas, cierres, relleno) para mejorar las detecciones.
  - h. Detectar componentes conectados y calcular su excentricidad.
  - i. Clasificar cada objeto como “vivo” (forma curva) o “muerto” (forma recta).
  - j. Dibujar la detección y guardar la imagen anotada.
  - k. Escribir los resultados en un archivo CSV de salida.
3. Evaluar la precisión comparando con los datos reales del archivo CSV.

Decisiones y técnicas aplicadas

- **Conversión a escala de grises y blanqueo de píxeles negros:** Algunas imágenes contienen artefactos completamente negros que deben ignorarse para evitar falsas detecciones.
- **Máscara del área útil (interior del cristal):** Se ha creado mediante binarización inicial, inversión y limpieza morfológica. Esta máscara restringe el análisis solo a las zonas relevantes.
- **Segmentación adaptativa:** Se ha utilizado un umbral adaptativo (`adaptthresh`) para adaptarse a variaciones locales de iluminación, lo que mejora la detección de gusanos con contraste variable.
- **Filtrado morfológico:** Para mejorar la segmentación, se aplican operaciones como `bwareaopen`, `imopen`, `imclose` y `imfill`, que permiten eliminar ruido, suavizar bordes y cerrar huecos.
- **Clasificación por excentricidad:** Se ha elegido la medida de **excentricidad** como criterio principal de clasificación:
  - Excentricidad cercana a **1** indica forma **recta** → *gusano muerto*.
  - Excentricidad significativamente menor indica forma **curva** → *gusano vivo*.
- **Visualización y evaluación:** Se generan imágenes de salida con las detecciones marcadas en rojo (muertos) y verde (vivos), junto con un archivo CSV para comparar con los valores reales.

## Problemas encontrados y soluciones

### 1. **Detección errónea en fondos oscuros:**

En algunas imágenes, especialmente aquellas con fondo oscuro o contraste irregular, el umbral global de Otsu no era efectivo y generaba falsos positivos.

**Solución:** Se sustituyó el umbral de Otsu por un umbral adaptativo (adaptthresh) con vecindarios pequeños, lo que permitió una segmentación más precisa ajustada a la iluminación local.

### 2. **Detección incorrecta de bordes o marcos del portaobjetos:**

Parte del borde de la imagen o el cristal se detectaba como objeto válido.

**Solución:** Se aplicó una máscara para aislar el área útil del cristal mediante erosión morfológica y se recortó visualmente la imagen ignorando los píxeles cercanos al borde.

### 3. **Fallo al detectar gusanos cruzados como objetos únicos:**

Cuando dos gusanos se cruzaban o se tocaban, eran detectados como un solo componente conectado.

**Solución tentativa:** Se intentó optimizar el filtrado morfológico ajustando los tamaños de apertura y cierre, pero los resultados no fueron satisfactorios en todos los casos. Es una limitación aún abierta.

### 4. **Detección de múltiples gusanos como una única región:**

Algunas regiones agrupaban más de un gusano, especialmente si había huecos internos o solapamientos.

**Solución:** Se aplicó relleno de agujeros (imfill) y eliminación de secciones con pocos píxeles, para separar componentes individuales y descartar zonas pequeñas no válidas.

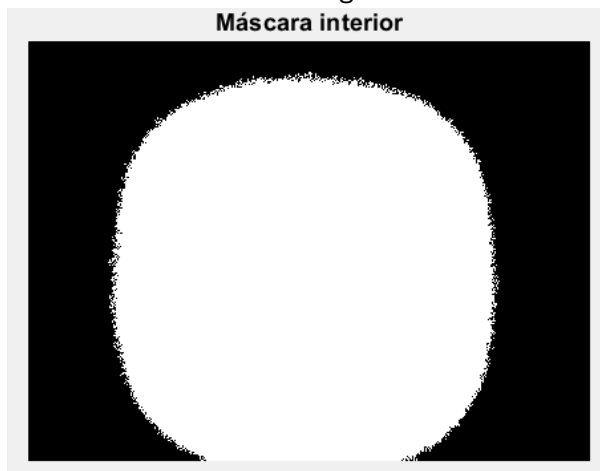
## Evolución de una imagen

Para poner un caso como ejemplo se ha decidió poner el caso de la imagen 1:

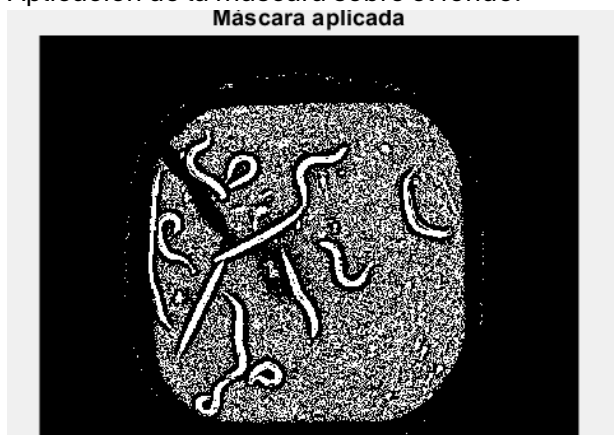
1. Escala de grises:



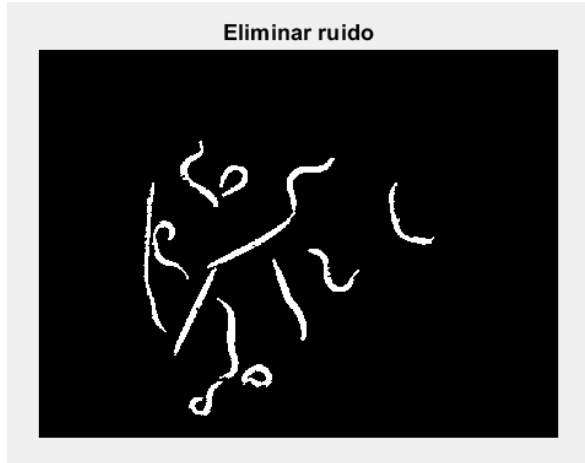
2. Mascara de la zona de los gusanos:



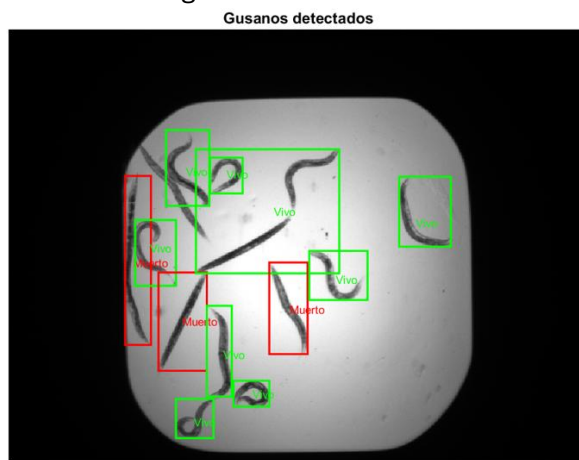
3. Aplicación de la máscara sobre el fondo:



4. Limpieza de la imagen:



5. Análisis de los gusanos:



## Juego de pruebas

La evaluación del sistema se ha llevado a cabo mediante un conjunto de 24 imágenes proporcionadas junto a un archivo .csv que contiene la clasificación esperada (basada en el número de gusanos vivos y muertos) para cada una de ellas. La validación se ha realizado de manera manual y visual, comparando los resultados obtenidos por el algoritmo con la información del fichero de referencia, las imágenes que se han tenido más relevancia a la hora del análisis han sido la 1 por ser bastante estándar y por tener un gusano pegado a la pared y la 12 por su baja iluminación.

Para cada imagen, se ha inspeccionado la versión generada con anotaciones visuales (gusanos vivos en verde, muertos en rojo), y se ha comprobado si la clasificación global de la imagen determinada por la mayoría de gusanos identificados como vivos o muertos coincidía con la anotación proporcionada.

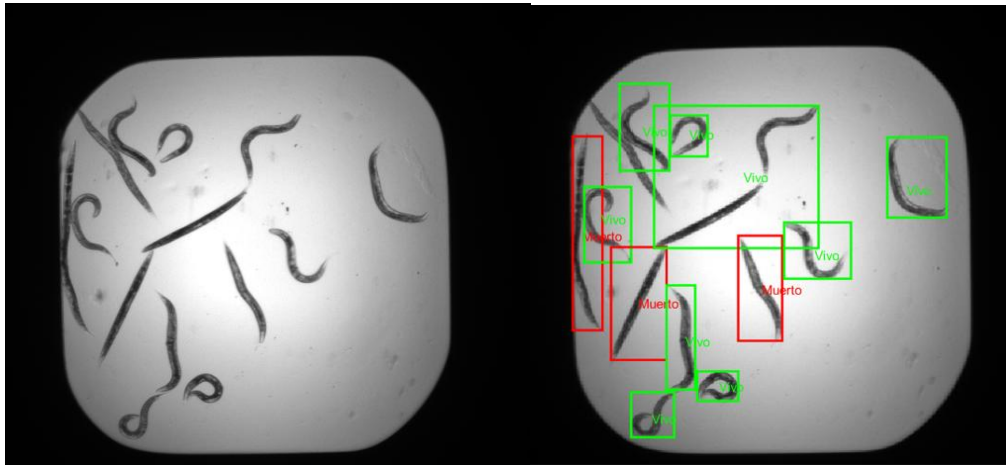
En este proceso se ha observado que el algoritmo ha clasificado correctamente 22 de las 24 imágenes, fallando en las imágenes número 9 y 10. En ese caso particular, se produjo una discrepancia entre la proporción de gusanos detectados como vivos y muertos respecto a la referencia, posiblemente causada por una detección incorrecta de la forma en gusanos solapados o parcialmente visibles.

Este resultado refleja una precisión del 91,66%, lo cual es muy satisfactorio teniendo en cuenta la complejidad del problema, las diferencias de iluminación, los solapamientos entre gusanos y la variabilidad morfológica. La combinación de técnicas de binarización adaptativa, filtrado morfológico y clasificación por excentricidad ha demostrado ser eficaz para la mayoría de los casos.

Este análisis refuerza la fiabilidad del sistema en contextos similares, aunque también sugiere que podría mejorarse aún más mediante técnicas adicionales, como separación de componentes solapados o redes neuronales para refinar la clasificación morfológica en casos ambiguos.

nombre_fiche	muertos	vivos	coincide
wormA01.tif	3	9	SI
wormA02.tif	0	11	SI
wormA03.tif	0	3	SI
wormA04.tif	2	7	SI
wormA05.tif	5	8	SI
wormA06.tif	4	7	SI
wormA07.tif	3	4	SI
wormA08.tif	2	10	SI
wormA09.tif	9	7	NO
wormA10.tif	10	6	NO
wormA11.tif	5	12	SI
wormA12.tif	2	12	SI
wormA13.tif	12	6	SI
wormA14.tif	15	5	SI
wormA15.tif	11	5	SI
wormA16.tif	7	6	SI
wormA17.tif	9	3	SI
wormA18.tif	15	1	SI
wormA19.tif	7	6	SI
wormA20.tif	14	2	SI
wormA21.tif	9	4	SI
wormA22.tif	14	1	SI
wormA23.tif	10	1	SI
wormA24.tif	10	3	SI

*Análisis Imagen 1:*



*Análisis Imagen 12:*

