

Preprocesamiento de video para la mejora del seguimiento de animales

Video preprocessing to improve animal tracking

Liliana Saucedo-Díaz*, José Antonio Guerrero-Díaz De León**✉,
Jorge Eduardo Macías-Díaz***

Saucedo-Díaz, L., Guerrero-Díaz De León, J. A., & Macías-Díaz, J. E. (2025).
Preprocesamiento de video para la mejora del seguimiento de animales.
Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes,
33(95), e6465, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2025956465>

RESUMEN

En este trabajo se presenta un algoritmo de procesamiento de video para mejorar la calidad y facilitar el seguimiento de una rata en un entorno con iluminación roja, optimizado para el software *Fiji*. El algoritmo emplea técnicas como filtros generales y morfológicos, cambio de dimensiones, resta entre fotogramas y umbralización. Estas técnicas fueron seleccionadas por su efectividad para eliminar ruido y resaltar objetos bajo luz roja. Se proponen además ajustes en el entorno experimental para mejorar el contraste y la precisión del seguimiento.

Palabras clave: procesamiento de video; espacio de color RGB; iluminación roja; seguimiento de animales; filtros morfológicos; detección de objetos.

ABSTRACT

This work presents a video processing algorithm designed to enhance quality and facilitate tracking of a rat in a red-lit environment, optimized for *Fiji* software. The algorithm uses techniques such as general and morphological filters, dimension changes, frame subtraction, and thresholding. These techniques were chosen for their effectiveness in reducing noise and highlighting objects under red light. Additionally, adjustments to the experimental environment are proposed to improve contrast and tracking accuracy.

Recibido: 23 de julio de 2024, Aceptado: 7 de mayo de 2025, Publicado: 30 de mayo de 2025

*Departamento de Ciencias de la Computación, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20100, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: lily.saucedo.diaz@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9960-0230>

**Departamento de Estadística, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20100, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: jaguerrero@correo.uaa.mx; antonio.guerrero@edu.uaa.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1804-279X>

***Departamento de Matemáticas y Física, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C. P. 20100, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: jemacias@correo.uaa.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7580-7533>

✉ Autor para correspondencia

Keywords: video processing; RGB color space; red lighting; animal tracking; morphological filters; object detection.

INTRODUCCIÓN

La grabación de experimentos relacionados con el estudio de las ratas de laboratorio ha revolucionado la forma en que los científicos monitorean su comportamiento. Al eliminar la necesidad de registros manuales, los investigadores pueden ahora concentrarse en obtener análisis más profundos a partir de los datos recolectados. Este avance no sólo ha simplificado el proceso de observación, también ha abierto posibilidades para detectar patrones sutiles en el comportamiento animal.

Una de las ventajas clave de la grabación es la capacidad de utilizar software especializado para el seguimiento preciso de las ratas. Herramientas como *Fiji* permiten analizar el movimiento y comportamiento de los animales en detalle, proporcionando hallazgos que serían difíciles de obtener de otra manera. Además, la grabación continua habilita el estudio del comportamiento nocturno de las ratas, enriqueciendo significativamente la comprensión del ciclo diurno-nocturno y sus variaciones (Schindelin et al., 2012).

En entornos experimentales que requieren condiciones de baja iluminación, como simular la oscuridad para las ratas, la iluminación roja se ha establecido como una solución eficaz. Esta opción no sólo garantiza un entorno visual adecuado para la grabación sin perturbar el comportamiento natural de los animales; también facilita la observación prolongada durante la noche sin necesidad de equipos especializados para grabación nocturna. El estudio del comportamiento nocturno en roedores bajo luz roja es esencial para investigar ritmos circadianos, ansiedad y farmacología. Sin embargo, la iluminación roja; aunque ideal para no alterar el fotoperiodo de las ratas, degrada la calidad de los videos, introduciendo bajo contraste entre el animal y el fondo (por la saturación del canal rojo). Las soluciones existentes no resuelven este problema, ya que no están adaptadas a la dominancia espectral de la luz roja.

En la actualidad se han desarrollado numerosos trabajos cuyo objetivo principal es procesar imágenes o videos para mejorar la detección o seguimiento de objetos. Por ejemplo, está el escrito donde se describe cómo los vehículos autónomos utilizan el modelo de detección de objetos YOLOv5 para identificar carros, señales de tráfico y peatones, incluso en condiciones climáticas desfavorables como días lluviosos (Sharma et al., 2022). Existe otro artículo donde se emplea el modelo YOLO como base, enfocándose en el preprocesamiento de imágenes para entrenar este sistema de detección de objetos (Jeong, Park, & Ha, 2018). Por otro lado, existe un trabajo que guarda similitudes con el objetivo de esta investigación al realizar un procesamiento de corrección de color en imágenes para detectar objetos en entornos con iluminación variable (Choi, Lee, & Cho, 2009). A diferencia de este estudio, nuestro enfoque se centra en iluminaciones uniformes, como se describe en este escrito.

El artículo de Cucchiara, Grana, Piccardi, Prati y Sirotti (2001) está estrechamente relacionado con nuestro objetivo, ya que utiliza un espacio de color para mitigar los efectos de las sombras al detectar objetos en movimiento. Aunque este trabajo utiliza el espacio de color RGB (rojo, verde y azul, por sus siglas en inglés) en lugar de HSV (tono, saturación y

valor, por sus siglas en inglés), comparte un enfoque similar al emplear la información de los canales de color respectivos para reducir las sombras en los videos. Finalmente, existe un último trabajo que sirvió como antecedente, donde se propone mejorar la calidad de las imágenes para la detección de objetos en condiciones de baja iluminación. El modelo propuesto incorpora directamente la información lumínica en una red neuronal profunda para describir la degradación de las imágenes con poca luz (Xu, Wang, Wang, Zhang, & Hu, 2021).

Este trabajo presenta un algoritmo de preprocesamiento¹ especializado para luz roja, que combina herramientas básicas de procesamiento de imágenes para corregir el desbalance de contraste. Este procesamiento permite la detección y seguimiento del animal de estudio en entornos con iluminación roja. El objetivo principal de este trabajo fue mejorar la calidad de un video grabado en condiciones de luz roja para permitir el seguimiento de las ratas de laboratorio en videos grabados bajo esta iluminación, mediante un algoritmo de preprocesamiento diseñado específicamente para condiciones visuales desafiantes. En este contexto, la hipótesis de este trabajo es que es posible aplicar un preprocesamiento para mejorar significativamente el contraste, permitiendo un seguimiento en herramientas de análisis de video existentes, sin alterar las condiciones experimentales.

En este artículo se presenta dicho algoritmo, detallando su implementación y efectividad en el programa *Fiji*. Además, se exploran estudios previos relevantes en la siguiente sección, seguido por la descripción del algoritmo desarrollado en la Sección III y los resultados obtenidos en la Sección IV. Finalmente, se discuten las conclusiones y las implicaciones de estos hallazgos en la Sección V.

MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal del procesamiento de video mediante este algoritmo es mejorar la detección y seguimiento de las ratas en entornos con iluminación roja, donde el contraste entre el fondo y el animal puede ser limitado. En las próximas subsecciones se detallarán los pasos específicos para lograr este propósito. De manera particular se trabaja con el lenguaje Python.

Lectura de video

Para trabajar con un video, es fundamental almacenar cada uno de sus fotogramas en un arreglo para acceder a ellos y manipularlos según sea necesario. Los fotogramas se leen inicialmente en el espacio de color BGR (Blue, Green, Red) debido al formato de almacenamiento del video, por lo que es necesario realizar una transformación previa antes de cualquier operación, dado que los canales rojo y azul están en posiciones diferentes en comparación con el espacio de color RGB, que es el estándar para el

¹ Disponibilidad de materiales: El código utilizado para el preprocesamiento de los videos en este estudio está disponible en el repositorio: github.com/MathModelSim/RedLightPrep

procesamiento. La figura 1 muestra cómo se visualiza la imagen en el espacio BGR (parte izquierda), y el cambio una vez que se ha convertido al espacio RGB (parte derecha).

Cada uno de los siguientes pasos del algoritmo está diseñado para operar directamente con tres canales de color o, en su defecto, utilizar una función que convierte una matriz de un solo valor por píxel en una imagen de tres canales. El proceso de conversión de una matriz de un solo valor a una imagen de tres canales se describe detalladamente en la subsección siguiente.

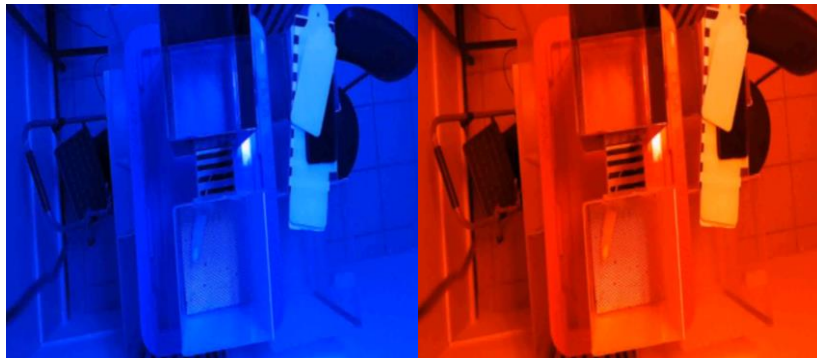


Figura 1. Imágenes correspondientes a un fotograma de ejemplo resultante de la lectura del video. A la izquierda se muestran los canales en orden BGR y a la derecha se muestran en el orden estándar RGB.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

Obtención de la imagen de fondo

Para este algoritmo de procesamiento de video es necesario contar con una imagen del fondo sin la presencia del objeto de interés; en este caso, la rata. En el desarrollo se implementaron dos métodos para obtener esta imagen de fondo: uno manual y otro automático.

Método Automático. El método automático consiste en ajustar la forma en la que se graba el video. En este enfoque, el video comienza con unos segundos donde la rata no está en el plano. Durante este periodo, se captura uno de estos fotogramas como fondo. Después de capturar el fondo se muestra en la cámara un código QR previamente generado para el proyecto, el cual contiene la palabra "inicio". Esto marca el momento en el que la rata se introduce en el área de experimentos. El procesamiento de los fotogramas se inicia a partir del momento en que el código QR ya no está presente en el video. Un ejemplo de un fotograma con el código QR se puede ver en la figura 2.

Método Manual. El método manual se emplea cuando no se dispone de un fotograma sin la rata en el video grabado. En este caso, se requieren dos imágenes; una donde la rata se encuentra en una parte del espacio y otra donde se encuentra en una ubicación diferente. Se realiza un recorte del área vacía de la primera imagen y se pega en la segunda imagen en la región donde está la rata, creando así una imagen de fondo artificial. Ejemplos de las imágenes utilizadas para este proceso se muestran en la figura 3, mientras que el resultado final se encuentra en la figura 4.

Con la imagen de fondo obtenida, ya sea mediante el método manual o automático, se puede proceder a los siguientes pasos del procesamiento de video. El siguiente paso consiste en la reducción de tamaño, el cual se detalla en la siguiente sección.



Figura 2. Imagen del espacio de trabajo sin la rata y con la presencia de una imagen QR para indicarle a la computadora que el experimento con la rata empieza una vez que se quite el código QR.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

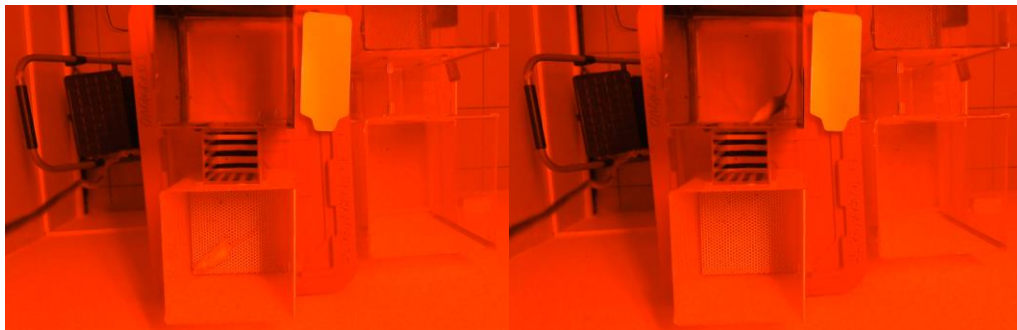


Figura 3. Imágenes utilizadas para obtener el fondo de manera manual. En ambas imágenes se puede observar que está presente la rata. Se usan partes de estas dos imágenes para crear de forma manual una imagen de fondo.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.



Figura 4. Imagen construida usando los fotogramas de la figura 3 para poder obtener el fondo del espacio de trabajo y que es utilizada en la operación de resta.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

Reducción de tamaño

El algoritmo inicia realizando una reducción de tamaño al fotograma que se está procesando, de manera que el resultado sea el fotograma a una cuarta parte de su tamaño original. Esto se realiza con el objetivo de disminuir tanto el tiempo como la complejidad que conlleva ejecutar las siguientes operaciones del algoritmo. Una vez efectuado este paso, la imagen pasa de tener una resolución de 1920 x 1080 a una resolución de 480 x 270 (figura 5). Esto implica que la imagen, de estar compuesta por 2,073,600 píxeles, pasa a estar compuesta por sólo 129,600 píxeles.

Reducir el tamaño de la imagen disminuye significativamente los recursos computacionales necesarios y disminuye el tiempo de cómputo requerido para ejecutar las siguientes instrucciones del algoritmo. Esto simplifica el procesamiento de la imagen para la siguiente operación, que es el cálculo del promedio, descrito en el siguiente apartado.

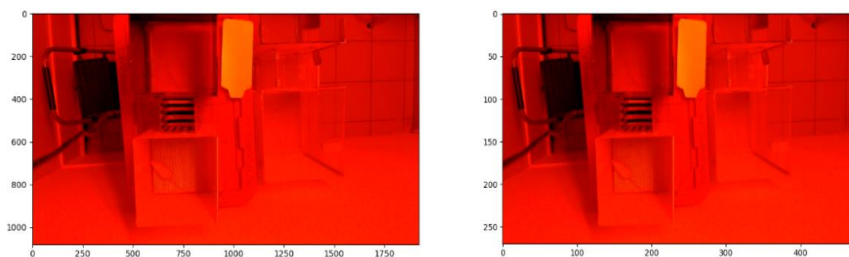


Figura 5. Fotogramas de ejemplo para mostrar la reducción de tamaño de los fotogramas. La imagen que se encuentra en la izquierda presenta el fotograma de tamaño original que es de 1920 x 1080, mientras que el tamaño de la imagen en la derecha es de una cuarta parte, es decir, 480 x 270.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

Filtro de promedio

El filtro de promedio se utiliza para eliminar el ruido que pudiera surgir debido a las variaciones del sensor de la cámara. Este proceso es crucial para asegurar que en las siguientes etapas del algoritmo no se vean afectadas por dicho ruido, garantizando así una mayor precisión en el procesamiento de video.

El filtro de promedio suaviza la imagen al reemplazar cada píxel con el promedio de los píxeles en su vecindad definida por un kernel (González & Woods, 2017). Para este caso particular, después de realizar varias pruebas, se decidió utilizar un kernel de 5 x 5. Este kernel es cuadrado y tiene dimensiones impares, lo cual es importante para que el filtro procese el píxel central del kernel.

La elección del tamaño del kernel de 5 x 5 se debe a que un kernel de 3 x 3 no elimina suficiente ruido; mientras que un kernel más grande, como el de 7 x 7, resulta en una mayor pérdida de detalle. Como se puede observar en la figura 6, la imagen filtrada con un kernel de 5 x 5 presenta un mejor balance entre la eliminación de ruido y la preservación de detalles en comparación con la imagen filtrada con un kernel de 7 x 7. Una vez que la imagen ha sido filtrada, se procede al siguiente paso del algoritmo, que es la resta en el canal rojo. Este proceso se describe en la siguiente subsección.

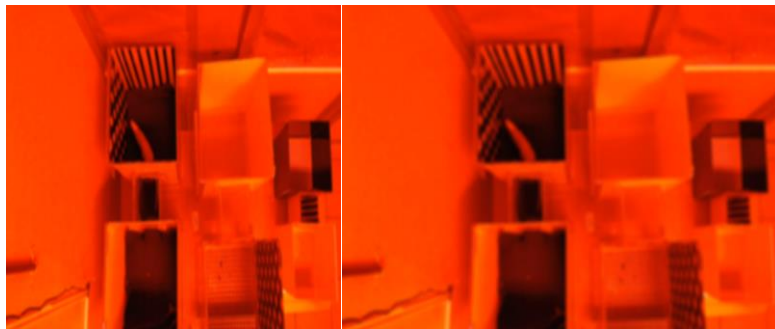


Figura 6. La imagen de la izquierda muestra el filtro de promedio aplicado con un kernel de 5 x 5 a un fotograma del video de la rata con iluminación roja, mientras que en el lado derecho se presenta el filtro de promedio aplicado con un kernel de 7 x 7 al mismo fotograma.
Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

Resta en el canal rojo

Este paso consiste en una operación que se realiza entre dos imágenes: una del fondo y otra del fotograma a procesar. La resta se realiza específicamente en el canal rojo, ya que es el que más predomina en la imagen. Además, en los canales verde y azul no se encuentra información relevante para detectar a la rata. La resta de imágenes en el canal rojo implica simplemente restar el valor de cada píxel del canal rojo de la imagen de fondo del valor correspondiente en la imagen del fotograma a procesar (figura 7). Este procedimiento busca facilitar la identificación de la rata.

Después de realizar la resta, la imagen resultante tendrá un único canal (el rojo), pudiendo tener valores negativos que no son válidos en una imagen. Para corregir esto último, se reescala el rango de valores a un rango válido y se convierte la imagen a una imagen en tonos de gris, rellenando los canales G y B con la misma información de la imagen resultante. Una vez completado este paso se puede proceder al siguiente procesamiento del algoritmo, que es la aplicación del filtro morfológico de apertura, descrito en la siguiente subsección.

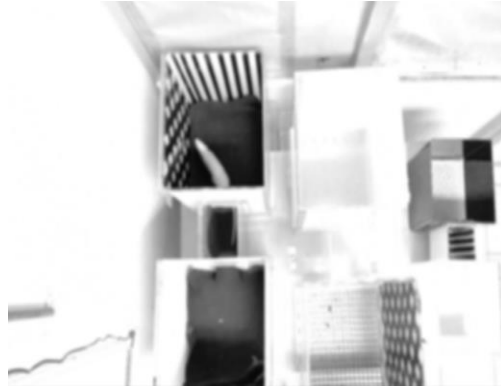


Figura 7. Imagen resultante de la resta del fotograma y la imagen del fondo en el canal rojo.
Fotografía del equipo de investigación.

Filtro morfológico de apertura

El filtro morfológico de apertura se utiliza para eliminar el ruido presente en las imágenes binarias; es decir, cualquier elemento que no sea relevante para los procedimientos siguientes. En este caso, es necesario para resaltar mejor a la rata, que queda rodeada de ruido tras la operación de resta. Este filtro combina dos operaciones morfológicas: la erosión y la dilatación. Primero, la erosión elimina los píxeles de los bordes de los objetos; después, la dilatación expande los bordes de los objetos restantes (Voss, 2012). El objetivo es eliminar pequeños elementos y detalles que no son relevantes, suavizando la imagen y preservando las estructuras significativas.

Al igual que con el filtro de promedio, el filtro morfológico de apertura requiere un kernel para su operación. Tras realizar diversas pruebas, se determinó que el tamaño del kernel que proporciona los resultados más adecuados es de 9 x 9. Este tamaño reduce el ruido presente en la imagen sin eliminar significativamente el contorno de la rata en el resultado final. El resultado de aplicar este filtro se puede apreciar en la figura 8.



Figura 8. Imagen resultante del algoritmo aplicado hasta el filtro morfológico de apertura.
Fotografía del equipo de investigación.

Umbralización

El último paso del proceso es la umbralización, cuyo objetivo es crear una máscara binaria que aumente el contraste entre la rata y el fondo. Este procedimiento permite diferenciar claramente los objetos de interés (la rata) del fondo en la imagen. La umbralización convierte la imagen en una máscara de ceros y unos. A los píxeles que se consideran fondo se les asigna un valor de cero; mientras que a los píxeles que corresponden a los objetos (en este caso, la rata) se les asigna un valor de uno.

Este paso es crucial para asegurar que la rata se destaque claramente del fondo, permitiendo un análisis más preciso en las siguientes fases del procesamiento de video (figura 9). En resumen, el algoritmo propuesto en este trabajo consta de los siguientes pasos:

- A. Lectura de video
- B. Obtención de la imagen de fondo
- C. Reducción de tamaño
- D. Filtro de Promedio
- E. Resta en el canal rojo
- F. Filtro morfológico de apertura
- G. Umbralización



Figura 9. Imagen que muestra el fotograma después de aplicarle todos los pasos del algoritmo propuesto.
Fotografía del equipo de investigación.

RESULTADOS

Aunque se logró alcanzar los objetivos establecidos, surgieron situaciones externas al proyecto relacionadas con el entorno donde se llevaron a cabo los experimentos con la rata. Estas situaciones no estaban relacionadas con los resultados del algoritmo, por lo que fue necesario realizar ajustes para corregir los contratiempos. En las siguientes secciones se describen las condiciones de los videos procesados y cómo se resolvieron las problemáticas del entorno de experimentación.

Los ajustes del entorno del experimento fueron cambios relacionados con el espacio de trabajo donde se encuentra la rata, ya que los resultados iniciales no eran adecuados. Se realizaron modificaciones y se grabaron conjuntos de videos en distintas condiciones. A continuación, se describen las características de los videos grabados y los ajustes realizados en tres apartados consecutivos: el primero es "Videos iniciales", el segundo "Primeros cambios" y el tercero "Cambios finales".

Videos iniciales

Los primeros videos procesados con el algoritmo fueron tomados antes de realizar esta investigación, por lo que no se pudieron controlar las condiciones del experimento y, por lo tanto, no eran adecuados para obtener resultados óptimos. Los factores que dificultaban el procesamiento fueron:

-En algunas áreas, tanto el fondo como la rata eran completamente blancos, lo que dificultaba que la computadora pudiera distinguir entre la rata y el fondo, a pesar de la implementación del algoritmo. Un fotograma que muestra esta problemática se puede apreciar en la figura 10.

-Se encontraron superficies reflectantes que la computadora detectaba como si existieran dos ratones en el espacio o como si estuviera dividido, generando ruido y afectando negativamente la precisión del seguimiento. Esta dificultad puede verse en la figura 11.

A pesar de estos percances, se hicieron pruebas con *Fiji* para comprobar si existía algún problema o si funcionaba correctamente. Los resultados no fueron los mejores, ya que, al pasar por zonas con menor contraste, como en la figura 12, o cerca de una zona reflectante, como en la figura 13, el seguimiento perdía el rastro del animal.

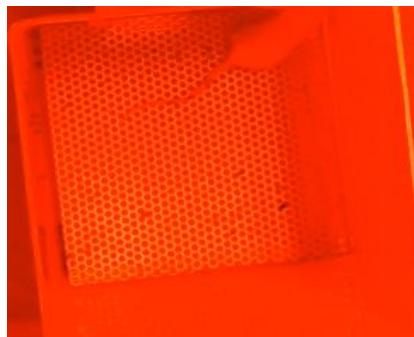


Figura 10. Imagen que muestra a la rata y el suelo blanco del entorno del experimento. Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.



Figura 11. Fotograma de video inicial donde se encuentra un recuadro azul que señala el muro reflejante del entorno donde se encuentra la rata. Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

Primeros cambios

A raíz de las dificultades presentadas con los videos iniciales, se hicieron los primeros ajustes, que consistieron en grabar los videos en un espacio distinto. El laboratorio ya contaba con otro espacio de experimentos, por lo que sólo se cambió el entorno de grabación. Se eligió este espacio debido a que el suelo del experimento, en lugar de ser blanco, era transparente, arreglando uno de los problemas. Además, sus paredes no eran reflectantes; lo que solucionaba la otra problemática de los videos iniciales. La imagen del nuevo espacio de experimentos se encuentra en la figura 14.

En esta nueva toma de videos se decidió automatizar el proceso de captura del fondo mediante un código QR al inicio del video. Un ejemplo de un fotograma con el código QR se encuentra en la figura 15. Una vez que se hicieron las pruebas en este entorno, se encontró que el problema del contraste seguía presente, ya que el fondo de la caja era transparente y la mesa de color blanco. Por ello, se decidió tomar más imágenes, asegurando un fondo oscuro.

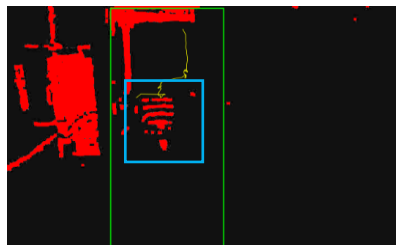


Figura 12. Imagen que muestra con una línea amarilla el seguimiento de la rata por medio de Fiji. En un recuadro azul se encuentra la zona donde el programa pierde el rastro debido a que el color del fondo es blanco en el video original. Fotografía del equipo de investigación.

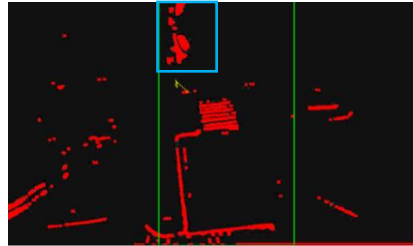


Figura 13. Imagen que muestra por medio de una línea amarilla el rastro marcado por Fiji. En un recuadro azul se muestra a la rata cerca de un muro reflejante.

Fotografía del equipo de investigación.

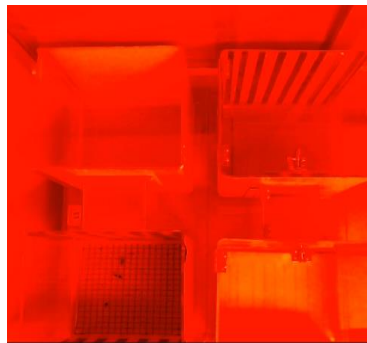


Figura 14. Imagen que muestra el nuevo espacio de experimentos.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.



Figura 15. Imagen que muestra el código QR en los videos con el nuevo espacio de experimentos.

Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.

Cambios finales

Para solucionar el problema del contraste, se solicitó al laboratorio permiso para colocar fomi negro en la parte del suelo del espacio de experimento con fondo transparente, aumentando así el contraste entre la rata y el fondo. En estos videos, se mantuvo la implementación de la captura automática del fondo mediante un código QR. Como se puede ver en la figura 16, este ajuste resolvió el problema del contraste, haciendo que esta fuera la última modificación al espacio de experimentos, ya que los resultados obtenidos fueron los esperados. En la figura 17 se aprecia que el objetivo del proyecto ha sido alcanzado, ya que el software *Fiji* no pierde en ningún momento el rastro de la rata.

Después de observar los resultados con los cambios realizados en el entorno de experimentos, se podría concluir que si se graban los videos de esta manera el uso del algoritmo no es necesario. Sin embargo, aunque ahora hay un mayor contraste entre el fondo y la rata, al ingresarlo en *Fiji* no se obtienen los resultados esperados, ya que pierde el rastro en algunas zonas. En la figura 18 se puede ver que el rastro en comparación con la figura 17 no es el mismo, a pesar de tratarse de los mismos videos.



Figura 16. Imagen que muestra el espacio de experimentos modificado con fomi negro. Fotograma obtenido del video capturado por el Laboratorio de Neurofarmacología.



Figura 17. Imagen que muestra el resultado final del seguimiento de la rata realizado por *Fiji*, utilizando como entrada el video preprocesado con las nuevas condiciones del espacio de experimentos. Se puede apreciar el rastreo mediante una línea amarilla. Fotografía del equipo de investigación.



Figura 18. Imagen que muestra el resultado que da *Fiji* cuando se le ingresa el video final sin ser procesado por el algoritmo. Fotografía del equipo de investigación.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con el algoritmo propuesto se compararon con los videos procesados sin las modificaciones y ajustes realizados. En los videos iniciales *Fiji* perdía el rastro de la rata en áreas con bajo contraste o superficies reflectantes; sin embargo, con el algoritmo propuesto y las mejoras en el entorno, *Fiji* pudo mantener un seguimiento continuo y preciso de la rata, incluso bajo iluminación roja. La figura 17 muestra que el rastreo de la rata se mantuvo sin interrupciones en las nuevas condiciones, validando la efectividad del algoritmo propuesto y los ajustes realizados en el entorno del experimento.

CONCLUSIONES

El algoritmo implementado cumplió con los objetivos de investigación propuestos, ya que logró eliminar el ruido de las imágenes que componen el video, aumentó el contraste entre el fondo y la rata, redujo el efecto de las sombras causadas por el movimiento del animal en el espacio y determinó el espacio de color adecuado para su funcionamiento. Además, se cumplió con el objetivo principal de procesar un video para mejorar su calidad y, por ello, facilitar la detección del animal.

A lo largo de este trabajo se ha explicado la manera de eliminar el ruido de un video y aumentar el contraste entre el fondo y los objetos, inclusive cuando las condiciones de grabación no han sido óptimas. Cabe mencionar que, si bien el algoritmo funciona, hizo falta probar alternativas, como la detección de bordes o la ecualización, para descartar que alguno de estos métodos fuera más adecuado que los utilizados en el desarrollo de este trabajo.

Además, al sólo ser propuestos el algoritmo y la mejora de las condiciones de los experimentos, queda como trabajo futuro la implementación de una interfaz gráfica que permita al usuario realizar este procedimiento sin la necesidad de tener conocimiento en programación, para que así sea una herramienta funcional en los experimentos de este tipo.

Es importante destacar que al procesar una gran cantidad de fotogramas y con ello una gran cantidad de píxeles, es necesario investigar e implementar una mejora que permita poder optimizar el algoritmo para poder procesar videos de larga duración sin la necesidad de esperar mucho tiempo.

Por último, este trabajo logra reflejar la importancia de la implementación del procesamiento de imágenes y video en distintas áreas de investigación, ya que, aunque el procesamiento no es una parte crucial de estos experimentos, sirve de apoyo para automatizar tareas como el seguimiento de animales.

Si bien el presente trabajo no propone una nueva técnica de procesamiento de imágenes, se propone una combinación estructurada de herramientas estándar con el objetivo de preprocesar videos tomados con iluminación roja. Este preprocesamiento es fundamental para permitir el uso de herramientas computacionales de seguimiento; de otro modo no podría seguirse al roedor en el video. Así, la contribución del estudio radica en la sistematización para mejorar la calidad de los videos y facilitar el análisis automatizado del comportamiento animal.

Agradecimientos

Los autores agradecen al doctor Bruno Antonio Marichal-Cancino, director del Laboratorio de Neurofarmacología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

REFERENCIAS

- Choi, Y.-J., Lee, Y.-B., & Cho, W.-D. (2009). Color correction for object identification from images with different color illumination. *2009 Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*, 1598-1603. IEEE. <https://doi.org/10.1109/NCM.2009.87>
- Cucchiara, R., Grana, C., Piccardi, M., Prati, A., & Sirotti, S. (2001). Improving shadow suppression in moving object detection with HSV color information. *ITSC 2001. 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems. Proceedings (Cat. No.01TH8585)*, 334-339. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2001.948679>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2017). *Digital image processing* (Global ed., 4ª ed.). Pearson.
- Jeong, H.-J., Park, K.-S., & Ha, Y.-G. (2018). Image preprocessing for efficient training of YOLO deep learning networks. *2018 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, 635-637. <https://doi.org/10.1109/BigComp.2018.00113>
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T.,... Cardona, A. (2012). Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 676-682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Sharma, T., Debaque, B., Duclos, N., Chehri, A., Kinder, B., & Fortier, P. (2022). Deep learning-based object detection and scene perception under bad weather conditions. *Electronics*, 11(4), 563. <https://doi.org/10.3390/electronics11040563>

- Voss, K. (2012). *Discrete images, objects, and functions in Zn*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-46779-0>
- Xu, X., Wang, S., Wang, Z., Zhang, X., & Hu, R. (2021). Exploring image enhancement for salient object detection in low light images. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 17(1s), 8. <https://doi.org/10.1145/3414839>



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material
La licencianta no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licencianta.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del