

Análisis de la movilidad de los microcrustáceos en presencia de Agentes Contaminantes: Un enfoque basado en Deep Learning

Nelson Steven Sanabio Maldonado

Seminario de Tesis II

Asesor: PhD. Manuel Castillo Cara

Asesora: Dra. Yesenia Pastrana Alta



Agenda



- | | | | |
|---|---------------|----|--------------------------|
| 1 | Antecedentes | 7 | Materiales |
| 2 | Problema | 8 | Metodología |
| 3 | Justificación | 9 | Resultados y discusiones |
| 4 | Objetivos | 10 | Conclusiones |
| 5 | Hipótesis | 11 | Trabajo a futuro |
| 6 | Marco teórico | 12 | Agradecimientos |

Monitoring the Effect of Metal Ions on the Mobility of Artemia salina Nauplii



• Autores

- Varvara Kokkali
- Ioannis Katramados
- Jeffrey D. Newman

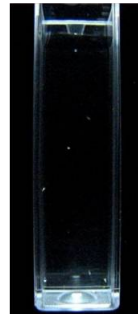
• Número de citas : 42

• Año de publicación : 28 de Marzo del 2011

• Revista : **biosensors**

Herramientas

- Canon Powershot S3 IS
- Computadora portátil
- Iluminación antorcha de diodos de luz (LED)
- Procesamiento de imágenes basado en los conceptos de la patente de Portmann ¹



Un fotograma de video representativo capturado por la cámara ²

¹Portmann, et al., Method and device for determining toxicity as well as the use thereof. Nº 5 789 242. August 4, 1998

²Varvara, et al., Monitoring the Effect of Metal Ions on the Mobility of Artemia salina Nauplii, biosensors

Problema



Científico

Uno de los agentes contaminantes que más afecta al mar peruano son los metales pesados por su elevada:

- Toxicidad
- Estabilidad
- Alta persistencia

Tecnológico

- La implementación sobre el procesamiento de imágenes digitales está obsoleto
- El tiempo para determinar la rapidez es alto, debido a que se trabaja en toda la imagen
- El costo alto por la parte del hardware
- El tiempo que debe esperar el investigador para obtener los resultados
- La sensibilidad de la cámara

Justificación



Al no encontrar reportes actuales que no sean a partir de la metodología de cuantificación de metales pesados y si a través de bioindicadores nace la necesidad de estudiar bio-ensayos de toxicidad en aguas contaminadas con metales pesados sobre la especie *Artemia Salina*, que es un bioindicador muy estudiado.

La toxicidad de estos metales es fácilmente absorbida por los seres vivos, la posibilidad de ocasionar lipoperoxidación (LPO) a través oxidativo ocasionando daños en los diferentes órganos (riñón, pulmón, etc) genera desequilibrios en reproducción, morfología y ciclo de vida.

Este proyecto servirá para identificar, predecir e interpretar el impacto ambiental, así como para prevenir las consecuencias negativas de determinadas actividades que pueden tener en la salud y bienestar de las comunidades y el equilibrio ecológico. Correlacionar índices de LPO con la movilidad en esta pequeña especie pueden conllevar a conocer solo mediante la movilidad, el nivel de contaminación de diferentes cuerpos en aguas saladas.

Objetivos



Objetivo general

Implementar un algoritmo de detección de objeto utilizando una red neuronal convolucional mediante el Transfer Learning para el procesamiento de imágenes; y evaluar la rapidez de los microcrustáceos en diversas concentraciones con soluciones acuosas de metales pesados.

Objetivos



Objetivo general

Implementar un algoritmo de detección de objeto utilizando una red neuronal convolucional mediante el Transfer Learning para el procesamiento de imágenes; y evaluar la rapidez de los microcrustáceos en diversas concentraciones con soluciones acuosas de metales pesados.

Contribuciones

- Tecnológico : Un nuevo diseño e implementación de un algoritmo basado en transfer learning.
- Científico : Estudio de la movilidad basado en videos procesados en comparación con los resultados de la investigación del Seminario I.

Objetivos



Objetivo general

Implementar un algoritmo de detección de objeto utilizando una red neuronal convolucional mediante el Transfer Learning para el procesamiento de imágenes; y evaluar la rapidez de los microcrustáceos en diversas concentraciones con soluciones acuosas de metales pesados.

Contribuciones

- Tecnológico : Un nuevo diseño e implementación de un algoritmo basado en transfer learning.
- Científico : Estudio de la movilidad basado en videos procesados en comparación con los resultados de la investigación del Seminario I.

Objetivos Tecnológicos

- Diseñar e imprimir un equipo óptico para la adquisición de vídeos.
- Determinar qué filtros del modelo VGG16 determinan visualmente a las *Artemias Salinas* en las imágenes.
- Calcular la rapidez media en distintas concentraciones de los metales pesados.

Objetivos



Objetivo general

Implementar un algoritmo de detección de objeto utilizando una red neuronal convolucional mediante el Transfer Learning para el procesamiento de imágenes; y evaluar la rapidez de los microcrustáceos en diversas concentraciones con soluciones acuosas de metales pesados.

Contribuciones

- Tecnológico : Un nuevo diseño e implementación de un algoritmo basado en transfer learning.
- Científico : Estudio de la movilidad basado en videos procesados en comparación con los resultados de la investigación del Seminario I.

Objetivos Tecnológicos

- Diseñar e imprimir un equipo óptico para la adquisición de vídeos.
- Determinar qué filtros del modelo VGG16 determinan visualmente a las *Artemias Salinas* en las imágenes.
- Calcular la rapidez media en distintas concentraciones de los metales pesados.

Objetivos Científicos

- Monitorear y cuantificar la movilidad de los microcrustáceos.
- Correlacionar los índices de LPO y tasa de mortalidad con la movilidad en un ambiente contaminado.
- Comparar y analizar los resultados del movimiento de las *Artemias Salinas* en los metales pesados.

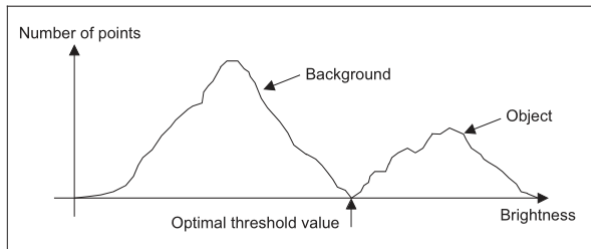
Hipótesis



- La alteración de la movilidad del bioindicador acuático disminuye significativamente cuando son expuesto a metales pesados.
- La alteración de la movilidad del bioindicador acuático está relacionado al estrés oxidativo originado por los contaminantes ensayados ante su mortalidad.
- Una determinada cantidad de filtros resuelven la visualización de los microcrustáceos logrando mejorar el seguimiento del objeto.

Método de Otsu

Procedimiento no paramétrico que selecciona el umbral óptimo maximizando la varianza entre clases mediante una búsqueda exhaustiva



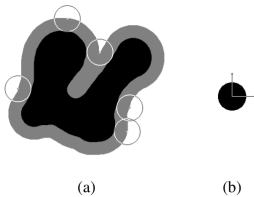
Umbralización óptimo ³

³Mark S. & Alberto S. Feature extraction and image processing for computer vision, pág. 92 - 93, fourth edition

Morfología matemática

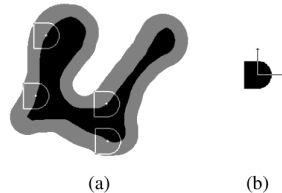


Dilatación



Dilatación como expansión: (a) Imagen de entrada en negro, dilatación en gris, (b) elemento estructurante.⁴

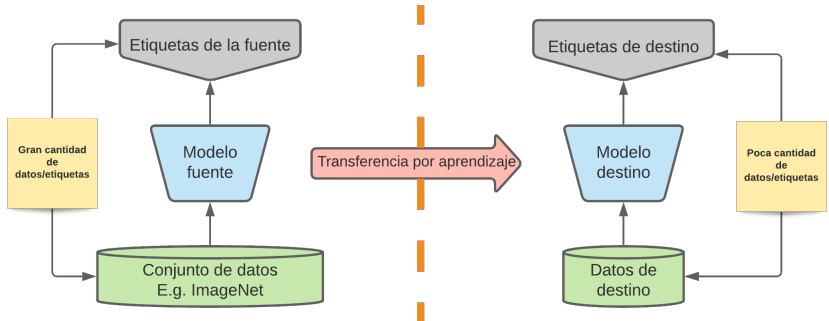
Erosión



Erosión como disminución: (a) Imagen de entrada en gris y erosión en negro, (b) Elemento estructurante.⁴

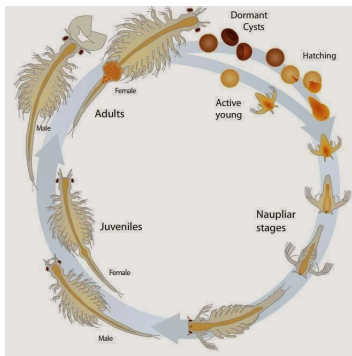
⁴Roberto A. & Edward R. Hands-on Morphological, pág. 4-11, SPIE PRESS, 2003

Transfer Learning



La configuración del aprendizaje por transferencia.
Fuente: Elaboración propia

Eclosión de las Artemias



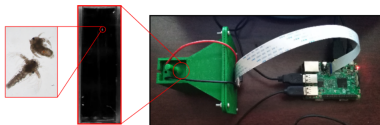
Condiciones

- Temperatura 29 - 30 °C
- Salinidad 3.5 %
- Aireación
- Luz
- pH 8.3
- 0.2 g de quistes de Artemia
- 2 Litros de agua de Mar

Ciclo reproductivo de la *Artemia Salina* ⁵

⁵ Javier Santos, La artemia, el alimento favorito de los flamencos. 16 de abril de 2019

Equipos portátiles



Sistema portátil ensamblado.

Fuente: Nelson S. et. al.⁶



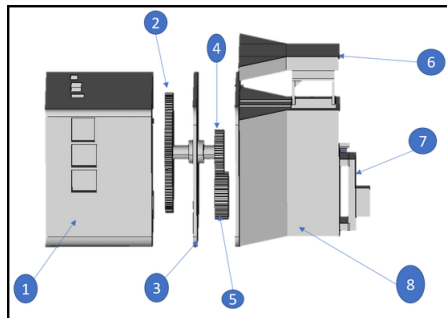
Equipo óptico.

Fuente: Elaboración propia

⁶Nelson S. et. al., Short exposure of *Artemia salina* to group-12 metals: Comparing hatchability, mortality, lipid peroxidation, and swimming speed, 2021

Diseño del equipo óptico

- Computadora (Raspberry Pi Model B+)
- Cubeta plástico UV-Visible
- Cámara RPI (Fisheye Wide Angle 5 MP 1080p - Visión nocturna)
- Disipador de calor (14x14x8 mm)
- LED Infrarrojo
- Monitor



Diseño del Equipo óptico. Fuente: Elaboración propia

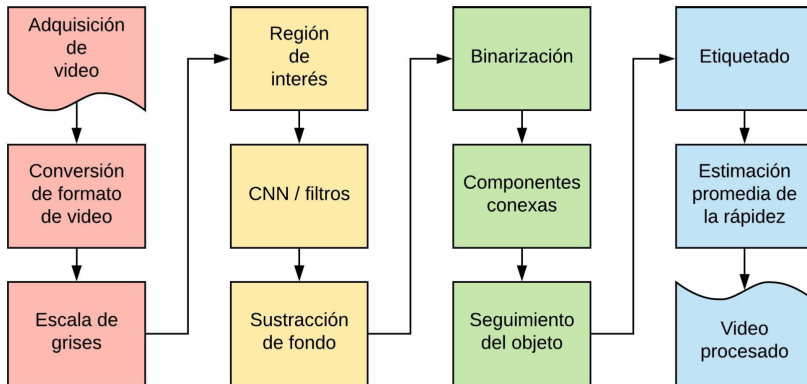
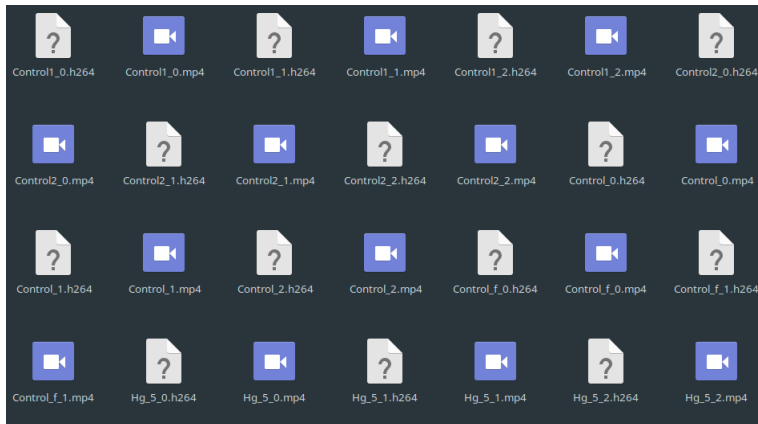


Diagrama de flujo para el método propuesto.

Fuente: Elaboración propia

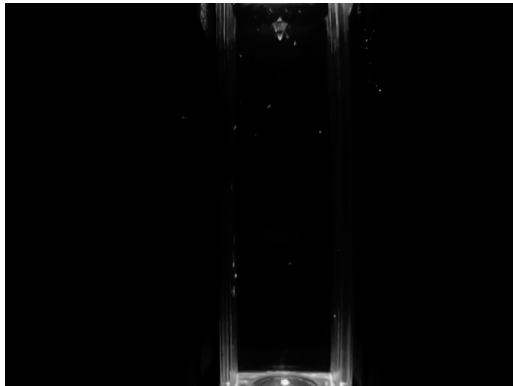
Adquisición y conversión de formato de Video



Video almacenados en formato h264 y mp4.

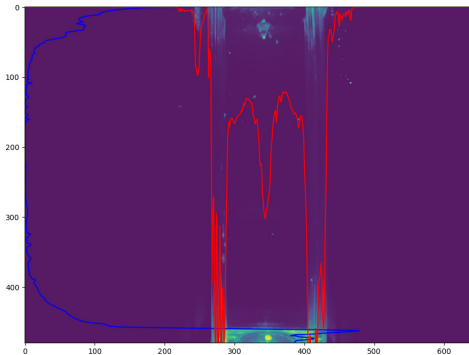
Fuente: Elaboración propia

Escala de grises



Una imagen en escala de grises.
Fuente: Elaboración propia

Región de interés

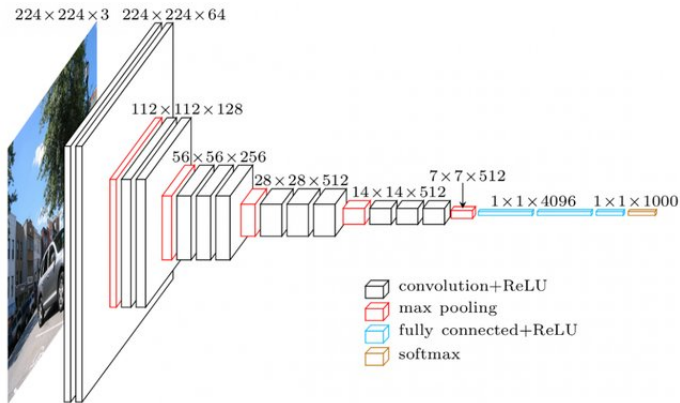


Curvas de la suma de intensidades de píxeles en el eje X e Y de una imagen. Fuente: Elaboración propia



Imagen recortada de la imagen original utilizando los 4 parámetros obtenidos en la tarea anterior. Fuente: Elaboración propia

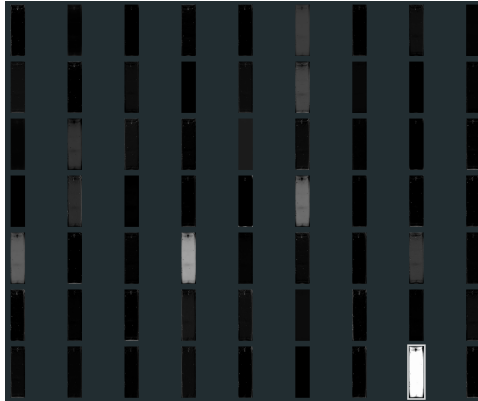
CNN - VGG16



La arquitectura de VGG16. Fuente: Abhijeet ⁷

⁷Abhijeet K. Transfer learning using feature extraction from trained model: Food images classification. 2019.

Filtros



Se muestra las 64 salidas de la imagen recortada del modelo VGG16. Fuente: Elaboración propia.

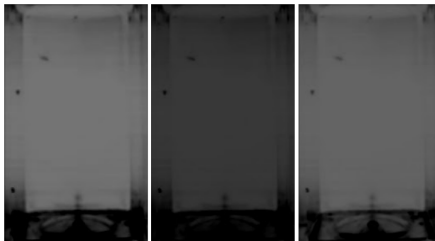
Filtros de la primera convolución



```

-----
Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
input_1 (InputLayer)        (None, 284, 171, 3)      0
-----
block1_conv1 (Conv2D)        (None, 284, 171, 64)     1792
-----
Total params: 1,792
Trainable params: 1,792
Non-trainable params: 0
  
```

Ejecución del primer bloque de la primera convolución. Fuente: Elaboración propia



(A)

(B)

(C)

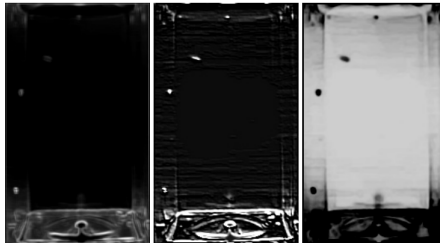
(A) Filtro 19, (B) Filtro 32, (C) Filtro 36. Fuente: Elaboración propia

Filtros de la segunda convolución



Layer (type)	Output Shape	Param #
input_1 (InputLayer)	(None, 364, 169, 3)	0
block1_conv1 (Conv2D)	(None, 364, 169, 64)	1792
block1_conv2 (Conv2D)	(None, 364, 169, 64)	36928
Total params: 38,720		
Trainable params: 38,720		
Non-trainable params: 0		

Ejecución del primer bloque de la segunda convolución. Fuente: Elaboración propia



(A)

(B)

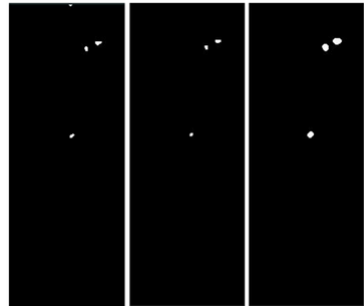
(C)

(A) Filtro 7, (B) Filtro 43, (C) Filtro 54. Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento Morfológico



- Extraer Componentes de la imagen
- Elementos Estructurantes
- Operaciones Morfológica
- Técnicas de procesamiento de imágenes
- Representación
- Descripción
- FORMA del objeto



(A)

(B)

(C)

(A) Imagen luego de la sustracción de fondo (Imagen conruído), (B) Operador de erosión, (C) Operador de dilatación. Fuente:Elaboración propia

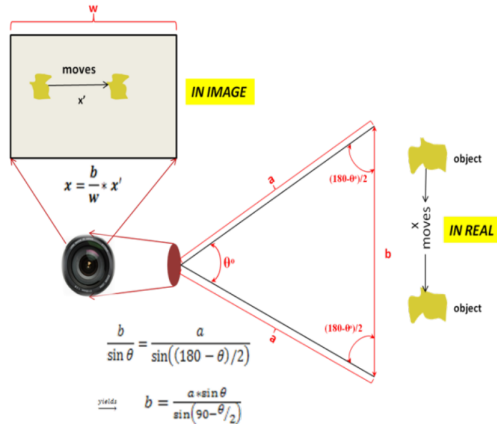
Determinar centroide

centroide() — asociar() — update()



Imagen binarizada utilizando componentes conexas. Fuente: Elaboración propia

Mapeando la imagen

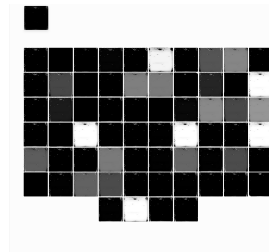


Técnica de mapeo de la imagen ⁸

⁸Pritam D, Ranjit G, Dipak K, Rabindranath G. Measurement of Displacement and Velocity of a Moving Object from Real Time Video, July 2012.

Tecnologías

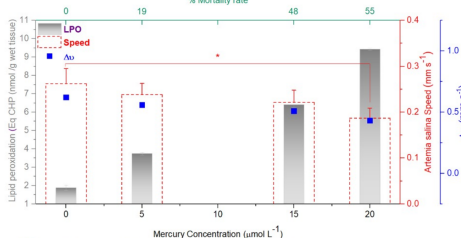
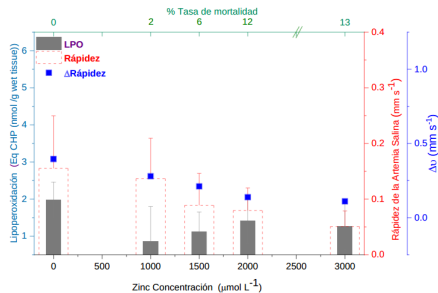
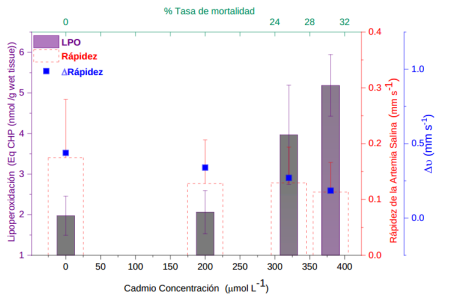
- Python
- OpenCV
- Tensorflow y Keras
- Anaconda
- Quiver
- Decord *



Plataforma interactiva para la visualización de una red neuronal convolucional ⁹

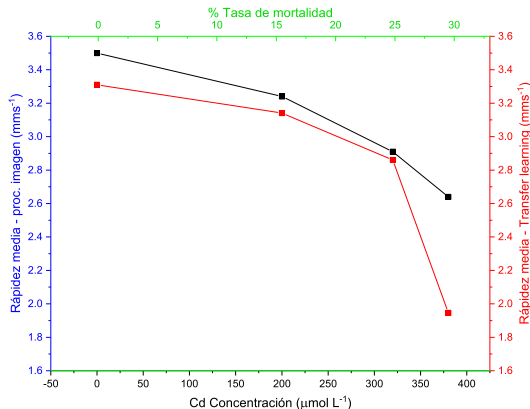
⁹Bian & Jake. Quiver, Github, 2016, <https://github.com/keplr-io/quiver>

Equipo óptico basado en procesamiento de imágenes



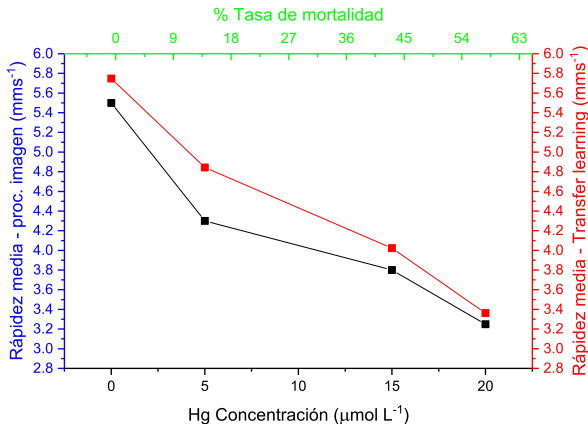
Lipoperoxidación (EqCHP/g), tasa de mortalidad (%), rapidez (mms^{-1}) de la *Artemia Salina* de ion metal. $\text{Cd}^{2+} = 0\text{-}380 \mu\text{molL}^{-1}$, $[\text{Hg}^{2+}] = 0\text{-}20 \mu\text{molL}^{-1}$ y $[\text{Zn}^{2+}] = 0\text{-}3000 \mu\text{molL}^{-1}$. Fuente: Nelson S. et al.

Equipo óptico basado en Transfer learning



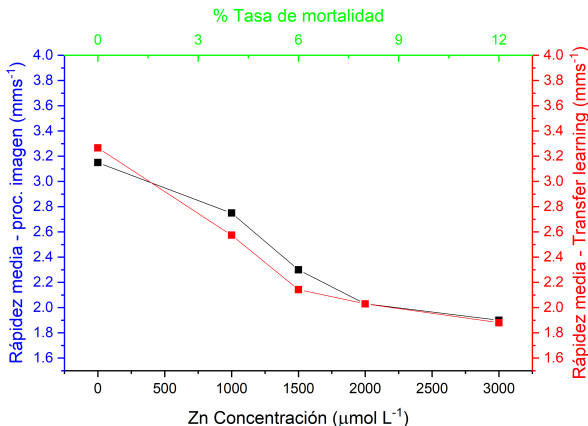
Rapidez - procesamiento de imágenes (mms^{-1}), tasa de mortalidad (%), rapidez - Transfer Learning (mms^{-1}) de la *Artemia Salina* de ion metal. $[\text{Cd}^{2+}] = 0 - 380 \mu\text{mol L}^{-1}$. Fuente: Elaboración propia.

Equipo óptico basado en Transfer learning



Rapidez - procesamiento de imágenes (mms^{-1}), tasa de mortalidad (%), rapidez - Transfer Learning (mms^{-1}) de la *Artemia Salina* de ion metal. $[\text{Hg}^{2+}] = 0 - 20 \mu\text{mol L}^{-1}$. Fuente: Elaboración propia.

Equipo óptico basado en Transfer learning



Rapidez - procesamiento de imágenes (mms^{-1}), tasa de mortalidad (%), rapidez - Transfer Learning (mms^{-1}) de la *Artemia Salina* de ion metal. $[\text{Zn}^{2+}] = 0 - 3000 \mu\text{mol L}^{-1}$. Fuente: Elaboración propia.

Conclusión



Los resultados demuestran la capacidad del algoritmo mejorado utilizando una red convolucional(VGG16) mediante el método de Transfer Learning.

- Se diseño e implementó el equipo óptico para la adquisición de videos, sin embargo, no se usó para la evaluación de este trabajo de investigación.
- Se analizaron los 64 filtros y se escogieron 3 filtros de la primera convolución y de la segunda convolución del primer bloque del modelo VGG16; donde la segunda convolución le añade más intensidad a las *Artemias Salinas*. Sin embargo, en algunos vídeos la primera convolución dio mejores resultados que la segunda convolución.
- Se calculó la rapidez media de las *Artemias Salinas* para cada metal pesado en distintas concentraciones.
- Se compararon los resultados de los metales del grupo 12, donde $Zn < Cd < Hg$ tiene de menor a mayor toxicidad.

Trabajo a futuro



Los resultados muestran un rendimiento aceptable, lo que se comprueba con las pruebas realizadas. Sin embargo, se utilizaron los vídeos almacenados con el dispositivo portátil del Seminario I. Para la continuidad de la obtención de un mayor rendimiento de este trabajo de investigación, se realizará lo siguiente:

- Realizar la evaluación de toxicidad a mayor rango de metales para obtener una correlación mucho más realista.
- Realizar pruebas con el nuevo Equipo óptico para evaluar la eficiencia del algoritmo.
- Reconfigurar y fijar la sensibilidad de la cámara.

Agradecimientos



- Agradezco a mis padres por la paciencia y la confianza depositada en mí en la elaboración de este trabajo de investigación.
- A mi asesor por la guía, el apoyo, paciencia y enseñanza que me ha estado brindado a lo largo de este trabajo de investigación.
- Al grupo BIOMET en especial al Dr. Héctor Aguilar Vitorino y Dra. Roxana Yesenia Pastrana Alta, quienes me brindaron la información y ayuda necesaria para el desarrollo de esta investigación.
- A mi colega Alexander Gonzalo Guillén Vásquez del grupo BIOMET, quien me brindó los planos del nuevo equipo portátil y su amistad desde el inicio del trabajo de esta investigación.
- A mi colega Giuliana Ñañez del grupo BIOMET, quien me brindó las soluciones de los metales pesados junto con las eclosiones de la *Artemias Salinas*.

GRACIAS :)