

# Integración de tecnología digital y *Deep Learning* para contribuir a modelos de pesca y acuicultura inteligentes, mediante procesamiento automático de imágenes (ACUINTTEC)

Alvaro Blom-Dahl

Universitat Politècnica de València

Grupo de trabajo: Alvaro Blom-Dahl, Joaquin Martinez, Pau Muñoz (IP2), Gabriela Andreu (IP1)



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.11) and by *Generalitat Valenciana*



# Grupo de trabajo multidisciplinar de VxC (AI2-UPV)



Álvaro



Ximo



Pau



Gabriela

- Nuestro grupo de VxC es multidisciplinar está compuesto por miembros del Instituto de Automática e Informática Industrial (AI2) de la UPV.
  - Nuestros trabajos y proyectos actuales tienen como objetivo general el desarrollo de **herramientas no invasivas y totalmente automáticas** para estimar **tallas de peces en la acuicultura** basándose en el procesamiento automático de imágenes subacuáticas que contribuyan al bienestar animal y la acuicultura inteligente (“Smart farming”).



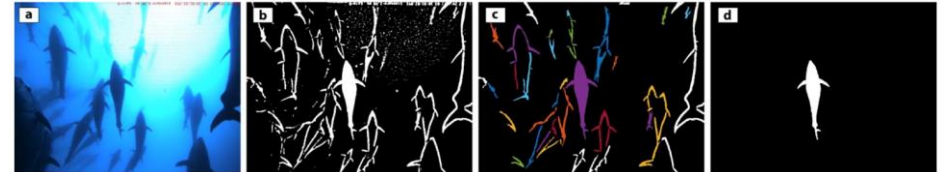
This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*



# Grupo de trabajo multidisciplinar de VxC (AI2-UPV)



- Trabajamos en la temática de segmentación de peces automática desde 2015
  - Se comienza trabajando con la especie "Bluefin Tuna" o atún rojo del Mediterráneo (conjuntamente con el grupo de acústica submarina) (Víctor Espinosa)
  - Trabajamos con imágenes subacuáticas reales
  - Necesitamos desarrollar equipos estereoscópicos que permitan grabar durante grandes intervalos de tiempo y tolerantes a las inclemencias del mar y de su manejo
  - Trabajar con otras especies de interés



- "Vision-based discrimination of tuna individuals in grow-out cages through a fish bending model". *Computers and Electronics in Agriculture*, 130: 142–150. (2016)
- "Automatic Bluefin Tuna sizing using a stereoscopic vision system, *ICES Journal of Marine Science*", 75: 390–401. (2018)
- "Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision", *Computers and Electronics in Agriculture*, 150: 52–61. (2018)
- "Automatic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) biomass estimation during transfers using acoustic and computer vision techniques". *Aquacultural Engineering*. 85, pp. 22 - 31. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.01.005> (2019)
- "Automatic Bluefin Tuna Sizing with a Combined Acoustic and Optical Sensor", *Sensors*, 20(18), 5294. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20185294> (2020)
- "Impact evaluation of deep learning on image segmentation for automatic bluefin tuna sizing", *Aquacultural Engineering* 99, 102299. DOI:10.1016/j.aquaeng.2022.102299 (2022)
- Automated Monitoring of Bluefin Tuna Growth in Cages Using a Cohort-Based Approach, *Fishes* 9 (2), 46. DOI:10.3390/fishes9020046 (2024)



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*





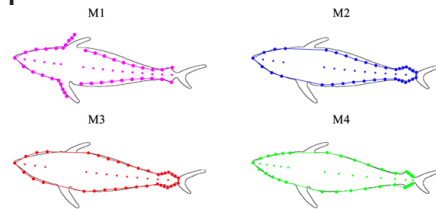
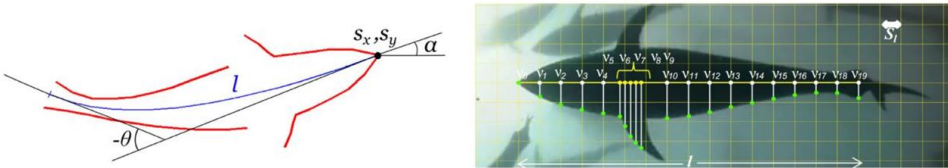
# Grupo de trabajo multidisciplinar de VxC (AI2-UPV)



En los últimos años, nuestro grupo ha llevado a cabo varios proyectos relacionados con la estimación de tallas automáticas para evaluar la biomasa en jaulas y en transferencias de atún.

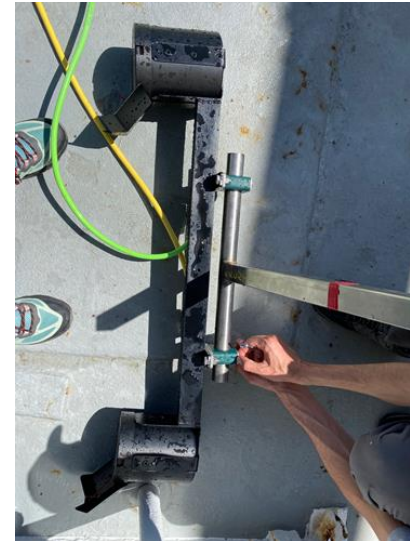
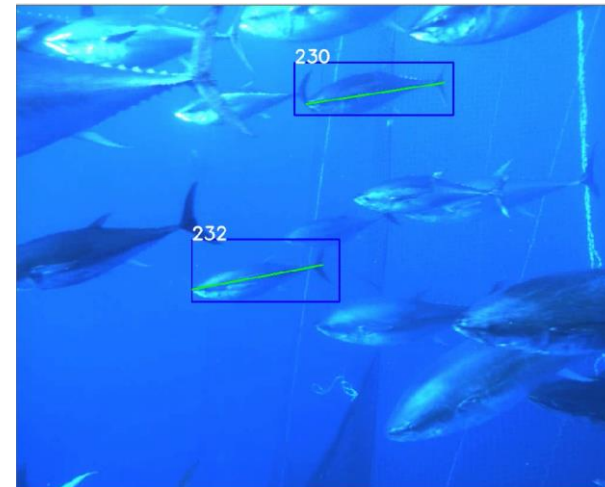
## Nuestros primeros desarrollos:

- Utilizaban técnicas de segmentación clásicas de VxC
- Trataban de modelar la silueta del pez mientras nadaba libremente
- Perspectiva Ventral: Para obtener la talla de de los peces, se desarrollan diversos modelos que se ajusten al cuerpo del atún



## Nuestros desarrollos actuales:

- Utilizan técnicas de Inteligencia Artificial y *Deep learning* para la segmentación de los individuos



## Nuestros proyectos con BFT:

- BIACOP (ref. 2013/410 / UE Comisión Europea) financiado.
- ACUSTUNA (ref. CTM2015-70446-R MINECO / FEDER, UE)
- ACTTHUN (THUNNUS THYNNUS), PID2021-127426OB-C21, desde 2022/09/01 hasta 2025/08/31.
- Contrato de I+D con BALFEGO SL (referencia 20220290):
- "Sustainable catching and live storage of Atlantic bluefin tuna in Norway» (año 2022-2023) "
- Contrato I+D con DAFF (Department for Agriculture, Forestry and Fisheries of the Australian Government ) (2023-2024)



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by Generalitat Valenciana



## Integración de tecnología digital y *Deep Learning* para contribuir a modelos de pesca y acuicultura inteligentes, mediante procesamiento automático de imágenes



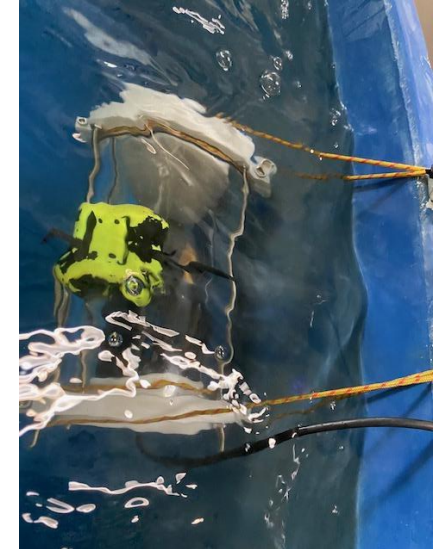
### Objetivos específicos

- **1-** Diseño y prototipado de cámaras estereoscópicas encapsuladas que soporten estancias largas de monitorización en sistemas subacuáticos
- **2-** Confeccionar **bases de datos** con videos estereoscópicos subacuáticos de especies presentes en las granjas de acuicultura intensiva de la Comunidad Valenciana, como **dorada, lubina o la lecha (pez limón)**. (Nota: Este objetivo está supeditado a la capacidad de disponer de dichas imágenes)
- **3-** Estimación automática de tallas de peces: Desarrollar herramientas de Inteligencia artificial basados en *Deep Learning (DL)* y *Convolutional Neural Networks (CNN's)* que permitan la estimación de tallas en su entorno natural (subacuático) a través del procesamiento automático de videos



## Tarea 1.1: Diseñar y configurar un sistema de cámaras estereoscópico subacuáticas que permita la adquisición y transmisión de información

- Requisitos del sistema:
  - Robusto para soportar los posibles embates ocasionados por su colocación en tanques y jaulas
  - Soportar la monitorización durante periodos continuados de semanas o incluso meses
- Para la configuración sistema:
  - Diseño de cámaras estereoscópicas: objetivo focal, distancia entre cámaras, sincronización de disparo etc.
  - Diseño de encapsulado estanco y cableado
  - Diseño de conectores estancos



- 1.2. Configuración de un software de adquisición de vídeo:
  - Permite trabajar a diferentes resoluciones y *frame rate*
  - Permite realizar cambios sobre parámetros como el brillo, contraste, etc.
  - Permite grabar automáticamente en segmentos.
- 1.3. Calibración de las cámaras:
  - Permite trabajar a diferentes resoluciones y *frame rate*
  - Permite realizar cambios sobre parámetros como el brillo, contraste, etc.
  - Permite grabar automáticamente en segmentos.



# ACUINTTEC: Objetivos específicos



- 1- Diseño y prototipado de cámaras estereoscópicas encapsuladas que soporten estancias largas de monitorización en sistemas subacuáticos
- 2- Confeccionar **bases de datos** con videos estereoscópicos subacuáticos de especies presentes en las granjas de acuicultura intensiva de la Comunidad Valenciana, como **dorada, lubina o la lecha (pez limón)**. (Nota: Este objetivo está supeditado a la capacidad de disponer de dichas imágenes)
- 3- Estimación automática de tallas de peces: Desarrollar herramientas de Inteligencia artificial basados en *Deep Learning (DL)* y *Convolutional Neural Networks (CNN's)* que permitan la estimación de tallas en su entorno natural (subacuático) a través del procesamiento automático de videos



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.11) and by *Generalitat Valenciana*





### 2.1. Confección de bases de datos

- Obtención de bases de datos relativas al proceso completo de crecimiento de las especies
- Distintas resoluciones y *fps*
- Gran cantidad de datos para entrenar los modelos de *Deep Learning*

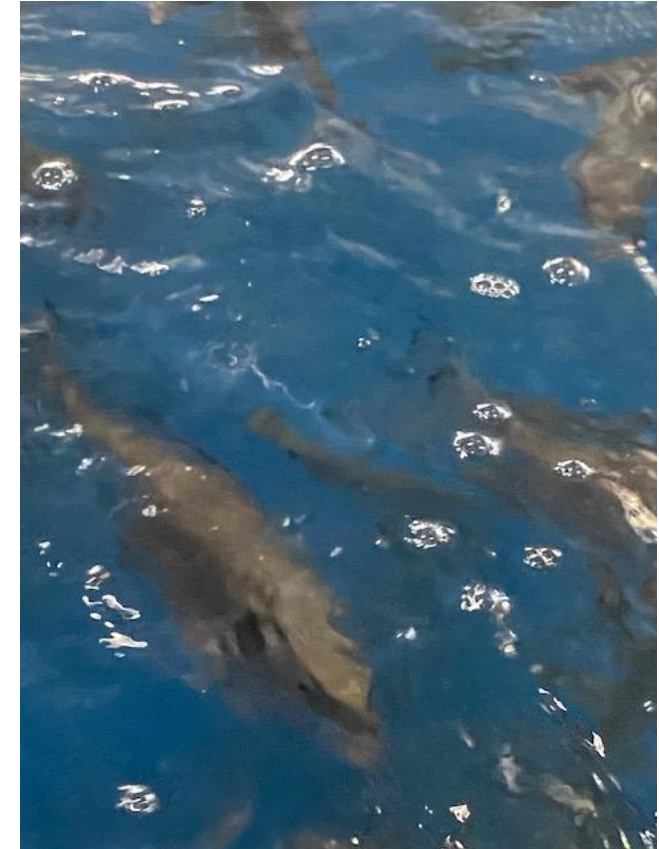
### 2.2. Confección de *datasets* etiquetados

- Anotación manual de las biométricas
  - *Bounding box*
  - *Puntos clave ( cola y morro )*
- Abarcar distintas resoluciones y tamaños de los individuos.

# ACUINTTEC: Objetivos específicos



- **1-** Diseño y prototipado de cámaras estereoscópicas encapsuladas que soporten estancias largas de monitorización en sistemas subacuáticos
- **2-** Confeccionar **bases de datos** con videos estereoscópicos subacuáticos de especies presentes en las granjas de acuicultura intensiva de la Comunidad Valenciana, como **dorada, lubina o la lecha (pez limón)**. (Nota: Este objetivo está supeditado a la capacidad de disponer de dichas imágenes)
- **3-** Estimación automática de tallas de peces: Desarrollar herramientas de Inteligencia artificial basados en *Deep Learning (DL)* y *Convolutional Neural Networks (CNN's)* que permitan la estimación de tallas en su entorno natural (subacuático) a través del procesamiento automático de videos

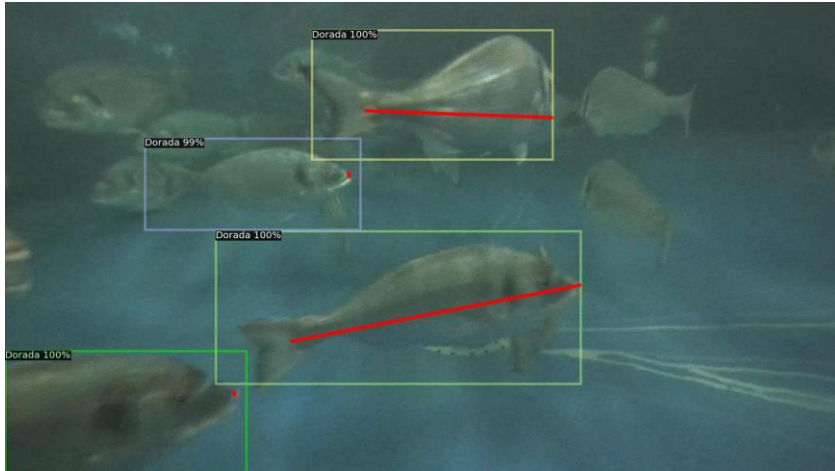


This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*



# ACUINTTEC

## Tarea 3.1 - Entrenamiento y evaluación de modelos de *Deep Learning* para la estimación de puntos clave



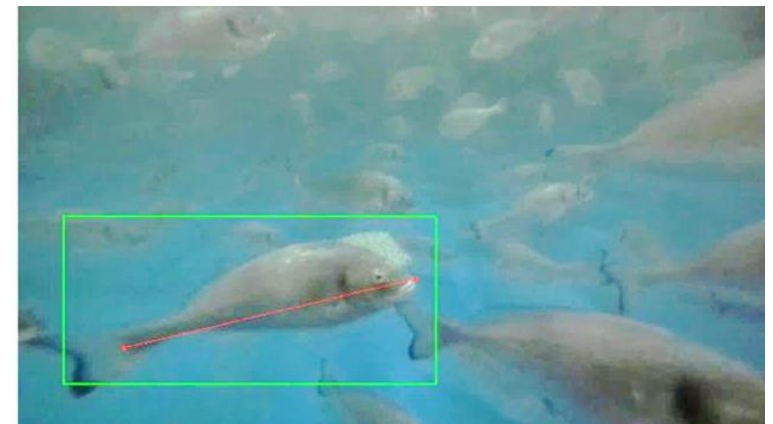
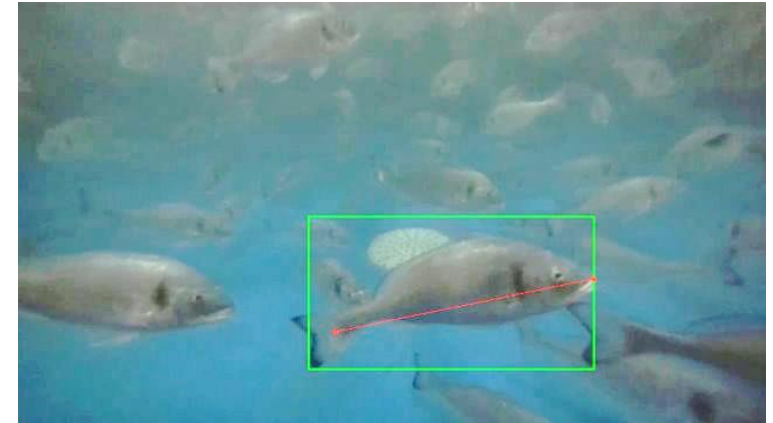
- Separación de los *datasets* en *train*, *test*
- Entrenamiento de los modelos de *Deep Learning* (Faster RCNN y YOLO)
- Evaluación de los modelos mediante métricas objetivas (KP AP 50)
- Evaluación del tiempo de inferencia por *frame* para cada uno de los modelos



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*



- Estimación tridimensional de los puntos clave detectados
- Estimación de la longitud real del individuo
- Filtrar por distancia epipolar
- Filtrar por proximidad a las lentes ( min y max )
- Filtrar por longitud ( min y max)
- Filtrar por "confianza" de la detección
- Filtrar por *score* de los puntos clave
- Obtener una tabla con todas las detecciones y sus respectivas inferencias de longitud y peso
- Hallar datos estadísticos como la media y mediana
- Obtener la distribución de las longitudes estimadas





# Resultados obtenidos

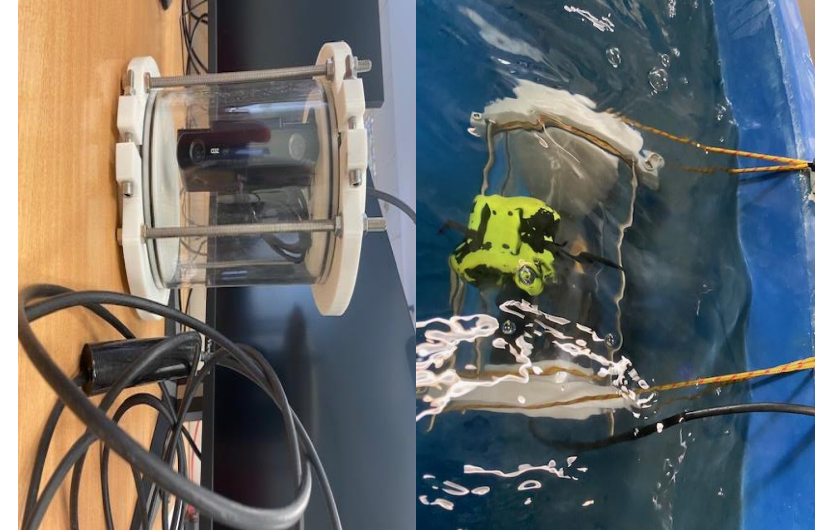
## Objetivo 1

Tarea 1.1 - sistema de cámaras estereoscópica subacuáticas

Responsable/Participante - Pau Muñoz, Gabriela Andreu

### Resultado:

- Cámaras estereoscópicas ZED 2i ( 720, 1080, 2k ) ( 15, 30, 60 fps )
  - API para la creación de aplicaciones destinadas a la grabación
- Carcasa estanca que permite la grabación en medio acuático



### Pendiente:

- Replicar el sistema de cámaras para poder adquirir en varios tanques a la vez
- Mejorar el sistema de sujeción del sistema al tanque

# Resultados obtenidos

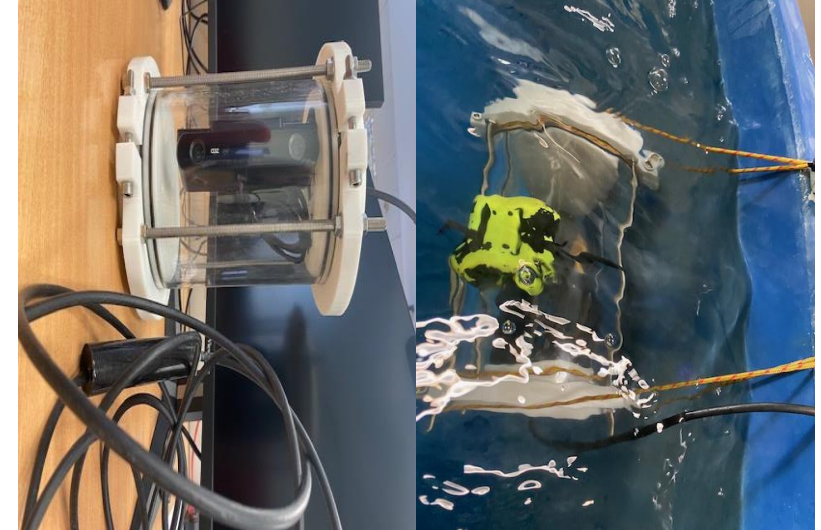
## Objetivo 1

### Tarea 1.2 - Software de grabación

Responsable/Participante - Álvaro Blom-Dahl

Resultado:

- Software de grabación en *python* que permite:
  - Ajustar la resolución
  - Ajustar *fps*
  - Ajustar parámetros de grabación (Brillo, Contraste, Exposición, etc.)
  - División automática de los vídeos en segmentos de una duración previamente establecida



# Resultados obtenidos

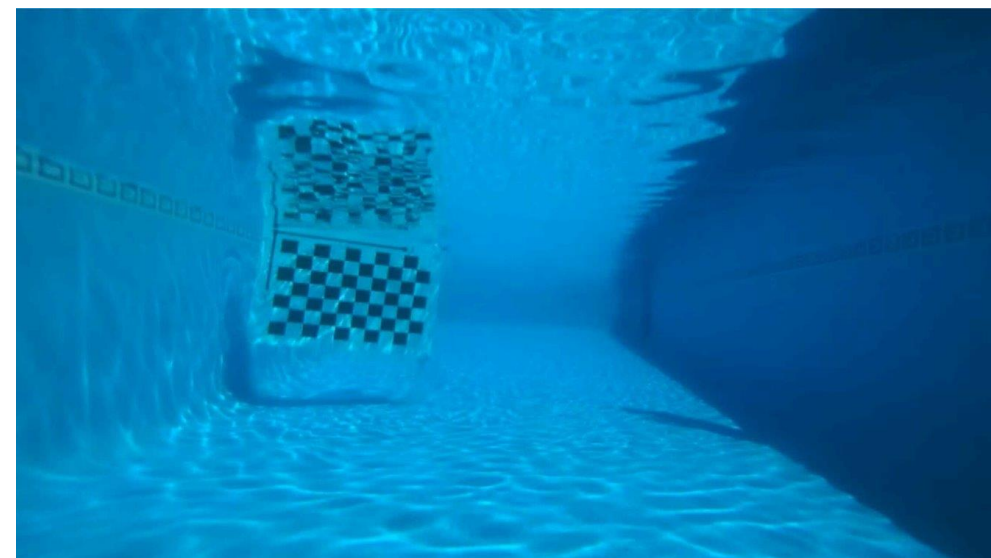
## Objetivo 1

### Tarea 1.2 - Calibración de las cámaras

Responsable/Participante - Joaquín Martínez, Gabriela Andreu y Pau Muñoz

Resultado:

- Grabación de vídeos con tablero de referencia para cada una de las posibles resoluciones de la cámara
- Procesamiento de los vídeos mediante algoritmos de Visión Artificial (Matlab) para la estimación de los parámetros de calibración



# Resultados obtenidos

## Objetivo 2

### Tarea 2.1 - Confección de bases de datos

Responsable/Participante - Joaquín Martínez, Álvaro Blom-Dahl, Gabriela

Andreu

Resultado:

- Grabación de vídeos con doradas y lubinas en las instalaciones de Torre la Sal
  - + 6 horas Dorada
  - + 3 horas de Lubina
  - Diferentes resoluciones y *fps*
  - Hemos capturado todo el ciclo de crecimiento de las especies





# Resultados obtenidos

## Objetivo 2

Tarea 2.2 - Confección de *Datasets* etiquetados

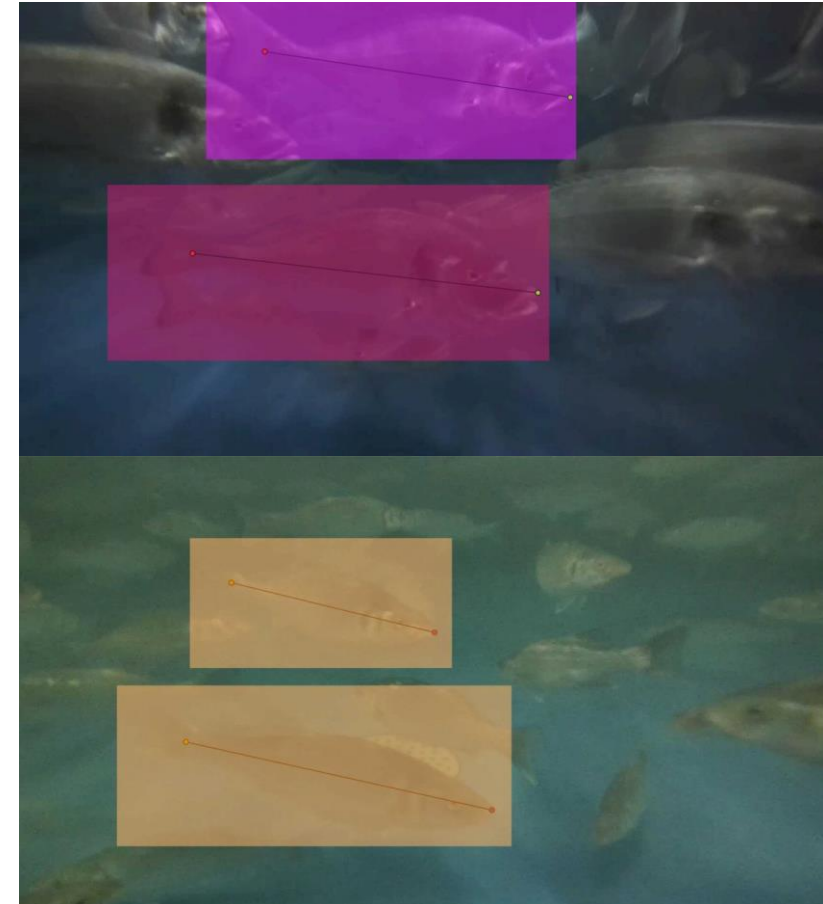
Responsable/Participante - Álvaro Blom-Dahl

Resultado:

- *Dataset dorada*
  - + 250 imágenes
  - + 700 anotaciones ( individuos )
- *Dataset lubina*
  - + 50 imágenes
  - 100 anotaciones ( individuos )

Pendiente:

- Aumentar tamaño de los *datasets* ( especialmente lubina )



# Resultados obtenidos

## Objetivo 3

### Tarea 3.1 - Entrenamiento y evaluación de modelos de redes CNN's

Responsable/Participante - Álvaro Blom-Dahl

Resultado:

- Entrenamiento de las redes Faster-RCNN y YOLO para *dataset* dorada

Modelo	AP KPS	Tiempo por <i>frame</i> (ms)
Faster-RCNN + <i>transfer learning</i>	0.99	0.3468
YOLO	0.982	0,0679

- En el caso de YOLO las estimaciones son poco robustas por el momento

Pendiente:

- Reentrenar las redes con *datasets* de mayor tamaño
- Tratar de mejorar la robustez del modelo YOLO

# Resultados obtenidos

## Objetivo 3

Tarea 3.2 - Estimación, filtrado y análisis estadístico automáticos de las biométricas

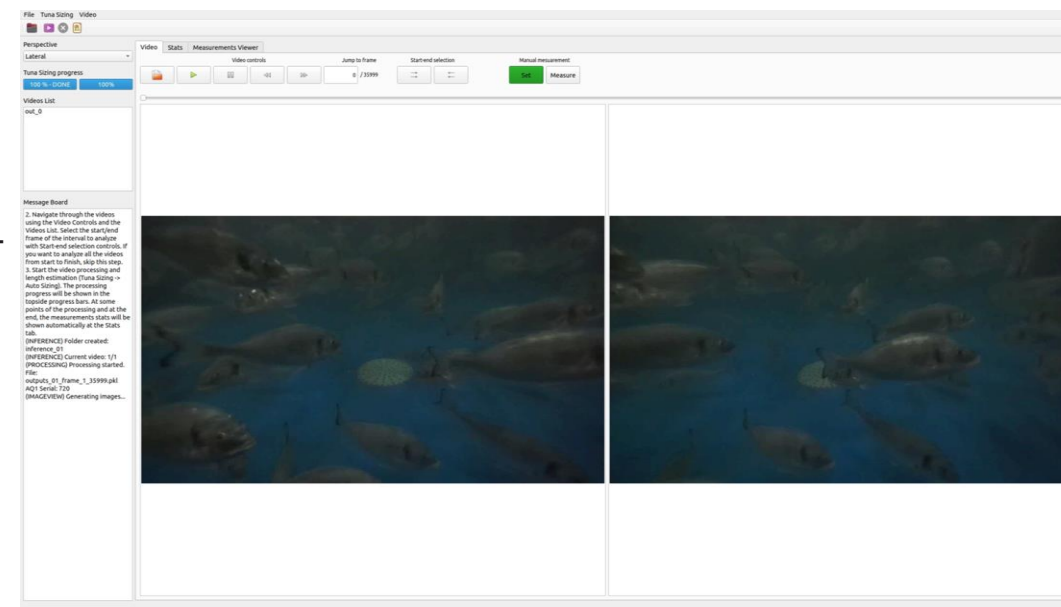
Responsable/Participante - Joaquín Martínez y Álvaro Blom-Dahl

Resultados:

- Se ha realizado una adaptación de nuestro *software* previo TUNA-SIZING para la integración de los modelos de estimación de dorada y lubina.

Pendiente:

- Realizar estimaciones para las grabaciones de lubina.



# Tabla comparativa de estadísticas



TANQUE	Fecha MEDIDA	Fecha GRABACIÓN	ESPECIE	Nº Individuos	Manual Longitud MEDIA ( cm )	Faster-RCNN Nº Individuos	Faster-RCNN MEDIA ESTIMADA ( cm )
15	6 Oct. 2023	5 Oct. 2023	Dorada	?	18.35	?	18.11
25	6 Oct. 2023	5 Oct. 2023	Dorada	?	38.12	879	36.18
27	27 Sep. 2023	29 Sep. 2023	Dorada	38	30.41	1097	30.00



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*





# Gráficas comparativas de distribución



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*



# Desviaciones del programa inicial

- Nuestro primeros esfuerzos se encaminaron a grabar con nuestras cámaras estereoscópicas en las instalaciones de Avramar. NO CONSEGUIDO
- Actualmente dispones de grabaciones de dorada y lubina adquiridas en las instalaciones del IEO de Torre la Sal, gracias a la colaboración con el grupo: “Nutrigenomics and Fish Growth Endocrinology of Institute of Aquaculture Torre de la Sal, IATS-CSIC– Dr. Jaume Perez-Sanchez”.
  - Dada la naturaleza de los tanques y el tamaño de los cárdumenes hemos prescindido de la perspectiva ventral.

# Colaboraciones con grupos ThinkInAzul Nacionales



- Grupo: “Nutrigenomics and Fish Growth Endocrinology of Institute of Aquaculture Torre de la Sal , IATS-CSIC– Dr. Jaume Perez-Sanchez” IEO- Torre la Sal
- Grupo de Acustica Submarina-IGIC-UPV (Instituto de Investigación para la Gestion Integrada de zonas Costeras) – Dr. Víctor Espinosa



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.11) and by *Generalitat Valenciana*



# Resultados:





## Tarea 1.1, 1.2 y 1.3 - sistema de cámaras estereoscópica subacuáticas, software, calibración

- **Resultado:** Cámaras estereoscópicas con carcasa para grabación en medio acuático ( 720, 1080, 2k ) ( 15, 30, 60 fps)
  - API para la creación de aplicaciones destinadas a la grabación
  - Software de grabación en python que permite: ajustar la resolución, fps, Brillo, Contraste, Exposición, etc.)
  - División automática de los vídeos en segmentos de una duración previamente establecida

## Tarea 2.1, 2.2 - Confección de Datasets etiquetados

- **Resultado:** Recopilación de vídeos estereoscópicos de dorada y lubina en diferentes estadios de crecimiento, diferentes resoluciones
  - + 6 horas Dorada, + 3 horas de Lubina, diferentes resoluciones y fps
  - Dataset dorado + 700 anotaciones; Dataset lubina +100 anotaciones
  - Anotación manual de las biométricas Bounding box, Keypoints( cola y morro )

## Tarea 3.1 - Entrenamiento y evaluación de modelos de redes CNN's

- **Resultado:** Entrenamiento de las redes Faster-RCNN y YOLO con el dataset de dorada
  - Faster-RCNN + transfer learning  estimaciones de Keypoints robustas, tiempo de procesamiento elevados
  - YOLO  estimaciones menos robustas que Faster-RCNN, buenos tiempos de procesamiento

## Tarea 3.2 - Estimación, filtrado y análisis estadístico automáticos de las biométricas



This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) and by *Generalitat Valenciana*





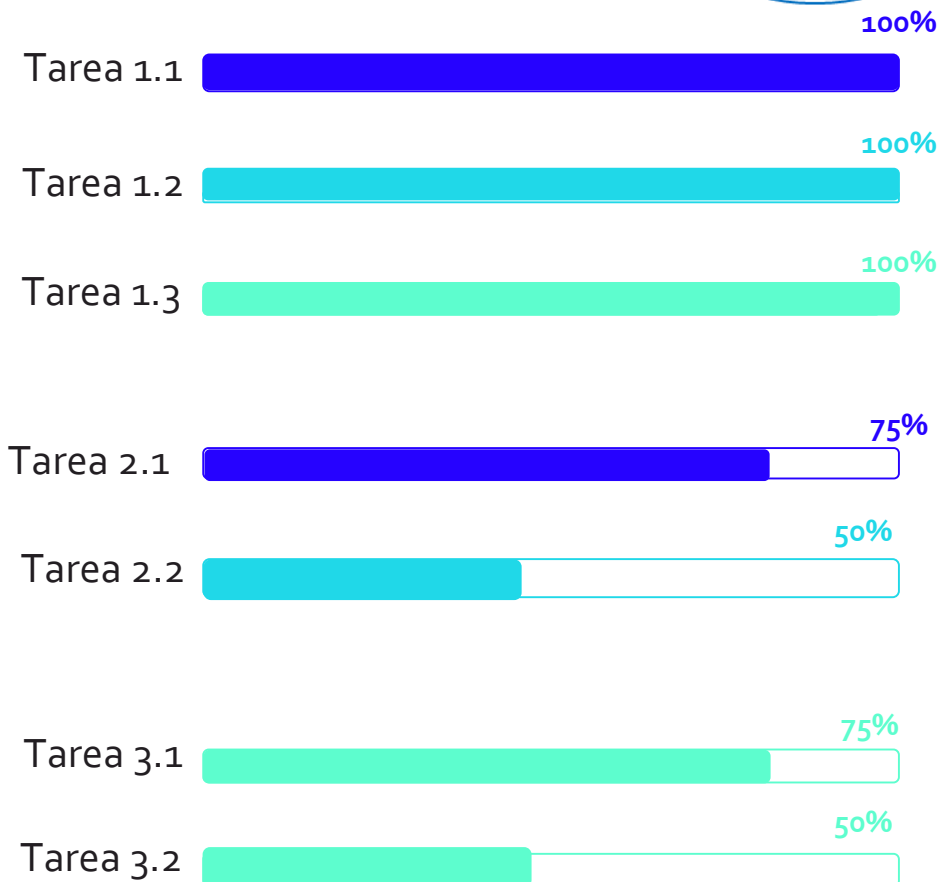
# Grado de consecución de las tareas

Tarea 1.1, 1.2 y 1.3 - sistema de cámaras estereoscópica subacuáticas, software, calibración

Tarea 2.1, 2.2 - Confección de Datasets etiquetados

Tarea 3.1 - Entrenamiento y evaluación de modelos de redes CNN's

Tarea 3.2 - Estimación, filtrado y análisis estadístico automáticos de las biométricas



# Hoja de ruta 6 próximos meses

- Recopilar grabaciones de otras especies y construir *datasets* ( lubina , pez limón, etc.).
- Replicar el sistema de cámaras estereoscópico para poder acelerar el proceso de construcción de bases de datos.
  - Mejorar el sistema de sujeción del sistema a los tanques.
- Trabajar en la mejora del modelo YOLO para obtener estimaciones en menos tiempo.
- Experimentar con el análisis del comportamiento mediante técnicas de *tracking basadas en Deep Learning*

# We're thinking in azul

Gracias | Gràcies

## Project Coordinators

Jaume Pérez-Sánchez  
[jaime.perez.sanchez@csic.es](mailto:jaime.perez.sanchez@csic.es)

Carlos Valle Pérez  
[carlos.valle@ua.es](mailto:carlos.valle@ua.es)

Leyre Rivero Álvarez  
[leyre.rivero@csic.es](mailto:leyre.rivero@csic.es)

## Project Manager

Leyre Rivero Álvarez  
[leyre.rivero@csic.es](mailto:leyre.rivero@csic.es)

UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

UJI UNIVERSITAT  
JAUME I

UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

Universidad  
Católica de  
Valencia  
San Vicente Mártir

CSIC  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Communication and Press

Plàncton, Divulgació i Serveis Marins

Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU

GOBIERNO  
DE ESPAÑA  
MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES

Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia

GENERALITAT  
VALENCIANA  
Conselleria de Educació,  
Universitats i Empie

GVA NEXT  
Fondos Next Generation  
en la Comunitat Valenciana

This study forms part of the ThinkInAzul programme and was supported by MCIN with funding from European Union NextGenerationEU (PRTR-C17.11) and by *Generalitat Valenciana*