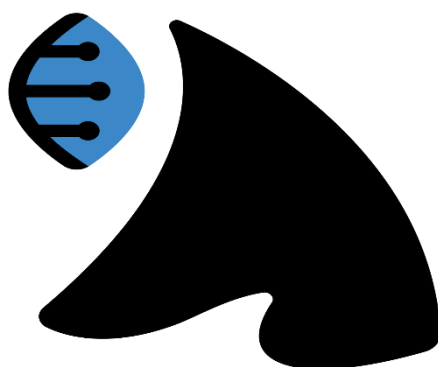


Protocolo de Captura y Estructuración de Imágenes para la Diferenciación de Especies de Elasmobranquios



e-Lasmobranc

Directrices Generales

En el análisis visual de especies acuáticas, la adquisición y etiquetado de imágenes constituyen fases críticas que influyen significativamente en la precisión y solidez de los sistemas desarrollados. La complejidad del proceso radica en la interacción de múltiples factores, que abarcan desde los objetivos específicos del estudio y los requisitos tecnológicos hasta las condiciones ambientales y la diversidad morfológica de las especies.

Ante esta diversidad de factores, se presentan a continuación un conjunto de condicionantes que pueden generar variaciones en el proceso estableciendo así una base sólida para la formalización de un protocolo estructurado, asegurando su consistencia y adecuación a los propósitos del estudio.

Propósito de análisis

El propósito del análisis visual establece el marco de referencia que condiciona el resto de los aspectos a considerar en el proceso de adquisición y etiquetado de imágenes. Dependiendo del objetivo específico, se pueden definir distintas categorías:

- **Clasificación de especies:** Identificación automática de diferentes especies mediante algoritmos de reconocimiento visual a partir de características y rasgos diferenciadores.
- **Estimación de tamaño y biomasa:** Obtención de medidas morfométricas y cálculos de biomasa a partir de las imágenes.
- **Análisis de comportamiento:** Categorización en función de comportamientos específicos, como alimentación, migración o apareamiento, con el objetivo de analizar patrones conductuales.
- **Identificación de origen:** Clasificación de los ejemplares según su procedencia, ya sea por ubicaciones concretas de captura o por rasgos asociados a su cría (salvaje o cultivado).
- **Evaluación de salud:** Valoración del estado de los ejemplares considerando lesiones, enfermedades o malformaciones, tanto en libertad como en condiciones de conservación.
- **Otros propósitos específicos:** Consideraciones adicionales que puedan surgir según el contexto del estudio, como la estimación de densidades poblacionales, el análisis de características morfológicas específicas o la evolución temporal.

Técnica/Dispositivo de Adquisición

La técnica y el dispositivo de adquisición determinan tanto la calidad como la tipología de los datos obtenidos. Esta consideración resulta fundamental, ya que depende directamente del objetivo del estudio y de las características tecnológicas disponibles. Las principales técnicas y dispositivos son:

- **Fotografía submarina:** Captura de imágenes en el hábitat natural mediante cámaras subacuáticas, obteniendo así información contextual valiosa.

- **Cámara de superficie:** Imágenes obtenidas desde la superficie mediante cámaras digitales convencionales.
- **Sonar o ecoimagenología:** Obtención de imágenes basadas en señales acústicas, utilizada en entornos de baja visibilidad o condiciones adversas, como aguas turbias.
- **Fotografía de laboratorio:** Captura en entornos controlados, donde variables como la iluminación, el fondo o la posición del espécimen pueden estandarizarse para asegurar la uniformidad de las muestras.
- **Cámaras 3D (Estéreo o RGB-D):** Sistemas de adquisición tridimensionales que integran información de profundidad y color, proporcionando datos volumétricos de los ejemplares.
- **Cámaras de video:** Captura de secuencias temporales que permiten el análisis de comportamientos y patrones de movimiento, fundamental para estudios de conducta o interacciones entre especies.
- **Otras técnicas avanzadas:** Tecnologías emergentes como drones o cámaras hiperespectrales pueden complementar los métodos anteriores según el contexto y los objetivos del estudio.

Uso de Marcadores

En ciertos tipos de análisis, el uso de marcadores resulta esencial para asegurar parámetros específicos o facilitar procesos de calibración. Algunos de los principales propósitos del uso de marcadores son:

- **Marcadores de escala:** Objetos con dimensiones conocidas que permiten la inferencia de medidas absolutas.
- **Marcadores de color:** Plantillas cromáticas con una gama de colores estándar, utilizados para la calibración y corrección de color.
- **Marcadores 3D:** Elementos tridimensionales estructurados que facilitan la reconstrucción volumétrica o la estimación de biomasa.
- **Marcadores de seguimiento:** Dispositivos adheridos o situados cerca de los ejemplares para asegurar su trazabilidad.
- **Otros marcadores específicos:** Artefactos diseñados para objetivos concretos, como superficies reflectantes, puntos de referencia o patrones geométricos, empleados para análisis especializados.

Formato de Imagen

El formato de imagen está directamente vinculado al tipo de dispositivo utilizado en la adquisición. Cada formato ofrece características específicas que pueden ser aprovechadas según el tipo de análisis a realizar:

- **RGB:** Formato de imagen convencional y estándar para estudios de clasificación y reconocimiento visual.
- **RGB-D:** Imágenes que integran información de profundidad (3D), especialmente útiles para estudios de biomasa, morfometría y reconstrucción tridimensional. Un

formato similar es el **estéreo**, que obtiene información tridimensional mediante la triangulación de múltiples ángulos.

- **Sonar:** Imágenes basadas en la detección de estructuras y formas a partir de mapas de intensidad.
- **Infrarroja:** Imágenes capturadas en el espectro infrarrojo, facilitando la detección de objetos y ejemplares en condiciones adversas.
- **Térmica:** Imágenes basadas en la radiación térmica emitida por los objetos, útiles para estudios de comportamiento, detección de lesiones o análisis de patrones.
- **Video:** Secuencias temporales de imágenes que permiten el análisis de comportamientos dinámicos, patrones de movimiento e interacciones entre individuos o especies.

Calidad de la Imagen

La calidad de las imágenes es un factor crítico en el proceso de análisis, ya que incide directamente en la precisión y fiabilidad de las conclusiones obtenidas. Los principales parámetros a considerar son:

- **Resolución (alta, media, baja):** La resolución determina el nivel de detalle capturado. Imágenes de alta resolución permiten análisis más precisos, pero incrementan los requisitos de procesamiento y almacenamiento.
- **Iluminación:** La presencia de brillos, reflejos o condiciones de iluminación extremas puede saturar la imagen.
- **Turbidez:** En entornos subacuáticos, la claridad del medio puede variar significativamente, afectando la visibilidad y el contraste de las imágenes.
- **Fondo:** La textura, el color y el contraste del fondo respecto a la región de interés pueden dificultar la diferenciación del sujeto.
- **Otros aspectos:** Factores como la presencia de artefactos (burbujas, partículas en suspensión), el desenfoque o la distancia al sujeto.

Perspectiva y Posicionamiento del Individuo

La forma de posicionar la cámara en relación al pez o grupo de peces varía según el objetivo del estudio y el contexto de captura:

- **Grupales:** Imágenes que agrupan múltiples ejemplares, típicamente en entornos subacuáticos, lonjas o embarcaciones.
- **Solapamiento:** En escenarios de agrupación, el nivel de solapamiento puede generar oclusiones parciales o completas.
- **Imágenes individuales:** Capturas centradas en un único ejemplar, maximizando la información visual y minimizando las interferencias del entorno.
- **Región de Interés:** Área específica de la imagen donde se encuentra el sujeto o característica de interés. Capturas con ROIs amplias pueden mejorar la calidad del análisis al incluir más contexto relevante.
- **Perspectiva (Lateral, Dorsal, Ventral):** La perspectiva de captura es fundamental para la extracción de rasgos morfológicos específicos. En estudios

complejos, puede ser necesario obtener múltiples vistas de un mismo individuo para un análisis exhaustivo, integrando características morfológicas desde distintos ángulos.

Etiquetado de la Imagen y Formato de Ficheros

El etiquetado de imágenes es un proceso fundamental para estructurar la información semántica asociada. Dependiendo del nivel de granularidad y el tipo de etiquetado, se distinguen las siguientes modalidades:

- **Globales:** Asignación de una única etiqueta a toda la imagen. Este enfoque es adecuado cuando la captura contiene un único ejemplar o el análisis es general.
- **Múltiples:** Asignación de varias etiquetas en una misma imagen, adecuada cuando se capturan múltiples ejemplares o actividades distintas en un contexto.
- **Características de las regiones:** Etiquetado centrado en áreas específicas de la imagen, estructurado en dos formatos principales:
 - **Bounding Boxes:** Áreas específicas delimitadas mediante formas geométricas.
 - **Segmentación a nivel de píxel:** Etiquetado preciso a nivel de píxel.

El formato destinado a almacenar etiquetas varía en función del tipo de etiquetado y los requisitos del análisis. Los formatos más comunes incluyen:

- **Globales:** Uso de hojas de cálculo o el etiquetado mediante el nombre del archivo de imagen.
- **Múltiples:** En contextos con múltiples etiquetas o regiones específicas, se utilizan formatos textuales estructurados, como una hoja de cálculo con columnas delimitadas, metadatos incrustados en las imágenes o archivos JSON/XML que asocian etiquetas a coordenadas específicas.

En este punto, también es importante la selección de herramientas para el etiquetado depende del nivel de precisión requerido, el formato de salida y su integración con sistemas posteriores. Las herramientas de segmentación o etiquetado estructurado permiten organizar y estandarizar el proceso, facilitando la exportación a formatos compatibles con sistemas de análisis automatizado.

Por último, las características del etiquetado pueden variar según el propósito del análisis, considerando elementos como la fecha y hora de la captura, la ubicación geográfica o la profundidad, las condiciones ambientales y el nivel de turbidez, el dispositivo de captura y el ángulo de adquisición, la procedencia del espécimen (salvaje o de cultivo) y el estado del sujeto, incluyendo la presencia de lesiones o comportamientos específicos.

Protocolo de Captura y Estructuración de Imágenes para la Diferenciación de Especies de Elasmobranquios

El protocolo de Identificación establece los procedimientos específicos para la adquisición, etiquetado y estructuración de imágenes destinadas a la identificación de elasmobranquios. Se define un conjunto de criterios y formatos estandarizados que garantizan la consistencia y calidad de los datos, optimizando su integración en sistemas de análisis automatizado.

Objetivo del estudio

El objetivo del estudio es la identificación de especies de elasmobranquios a partir de **imágenes capturadas fuera del agua**, preferiblemente en condiciones controladas como lonjas o laboratorios, donde se pueda estandarizar la adquisición y minimizar las variables ambientales. Bajo nuestro conocimiento, en la literatura no existe ningún conjunto de datos específico de especies de elasmobranquios fotografiados desde fuera del agua. Esto supondría una contribución novedosa y la resolución de problema no tratado de forma directa.

Dispositivo de adquisición

Las imágenes deben capturarse con una **cámara digital en formato RGB (a color)** y contar con una **resolución mínima** adecuada para garantizar la calidad visual.

Calidad de la imagen

Se requiere que las imágenes sean **nítidas y sin desenfoque**, asegurando una calidad visual suficiente para el análisis sin especificar un valor mínimo de resolución. Como referencia, una recomendación estándar puede ser utilizar **cámaras de 12 megapíxeles**. Es fundamental verificar que **no existan efectos indeseados, como ruido digital excesivo o una iluminación desfavorable** que genere reflejos o sombras que dificulten la identificación de los ejemplares. Además, es fundamental **evitar la presencia de personas** en las imágenes. Se debe emplear un **fondo uniforme, liso y no reflectante, de color oscuro o blanco**, que genere un buen contraste con el cuerpo del animal.

Perspectiva y Posicionamiento del Individuo

El animal debe posicionarse de manera que se obtengan las vistas clave para su identificación taxonómica, capturando **dos imágenes por cada ángulo esencial: dorsal, ventral y lateral**. Cada ejemplar debe fotografiarse de **forma individual**, asegurando que esté **completamente extendido y visible**.

Es fundamental que las **estructuras morfológicas** relevantes para la diferenciación estén claramente **visibles y sin obstrucciones**. El espécimen debe aparecer **centrado en la imagen, ocupando la mayor parte del encuadre y evitando solapamientos** con otros elementos como personas, utensilios o animales.

Etiquetado, estructura de ficheros y almacenamiento.

Las imágenes deben anotarse mediante **cajas delimitadoras** que rodeen al ejemplar completo, asignando además la especie correspondiente. Se debe generar un archivo XML por categoría (ray o shark), siguiendo un formato estandarizado, una práctica habitual en conjuntos de datos del estado del arte similares. El etiquetado debe hacerse desde algún **software específico** diseñado para este tipo de tareas.

Cada imagen debe contar con un **identificador único** siguiendo un formato homogéneo.

ESA001_01 — Elasmobranchii Shark Alopiidae, ejemplar 001, captura 01.

Se debe documentar información complementaria sobre cada imagen (individuo, especie, localización, fecha) en una hoja de cálculo con la siguiente estructura:

Ejemplar	Animal	Especie	Localización	Fecha
ESA001	Shark	Alopiidae	Lonja Altea	24/01/2025

La estructura de carpetas debe seguir una jerarquía organizada que facilite la clasificación, almacenamiento y acceso a los datos. La estructura recomendada es la siguiente: elasmobranchii/sharks/.xml,.csv,especie_nombre/imagen01.png...

Este proyecto se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura)".

El informe ha sido elaborado por:

Departamento de Tecnología Informática y Computación (dTIC)	Centro de Investigación Marina (CIMAR)
Andrés Fuster Guilló	Francisca Giménez Casalduero
Ismael Beviá Ballesteros	Isabel Abel Abellán
Marcelo Saval Calvo	Irene Antón Linares
Jorge Azorín López	Nieves Aranda Garrido

