



UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN

**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**Escuela Académico Profesional De
Ingeniería De Sistemas**

TESIS

**IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARDUMEN
BASADO EN RECONOCIMIENTO DE
IMÁGENES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS**

Autor:

Bach. MURO ZUÑIGA OBED MARKO

Pimentel, 06 de Diciembre del 2015



IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE CARDUMEN BASADO EN RECONOCIMIENTO DE
IMÁGENES

Aprobación de la tesis

Ing. Zuloaga Cachay José Fortunato
Asesor metodólogo

Ing. Mejía Cabrera Heber Ivan
Asesor especialista

Dr. Gutiérrez Gutiérrez Jorge
Presidente del jurado de tesis

Ing. Fuentes Adrianzen Denny John
Secretario del jurado de tesis

Ing. Mejía Cabrera Heber Iván
Vocal del jurado de tesis

Dedicatoria

A Dios, que gracias a Él he llegado hasta aquí, muchas gracias por tu misericordia y tu amor.

A mi madre María Asunción Zúñiga Díaz, quien por su fe y con mucho sacrificio ha logrado sacar adelante a todos sus hijos, especialmente a éste último quien escribe estas líneas, muchas gracias madre por tu gran esfuerzo, amor, y estímulo para seguir adelante en mis esfuerzos de superación, siempre serás digna de admiración y cariño por todos los que te rodean.

A mi padre Jorge Muro Ventura, por sus sabios consejos, su apoyo incondicional y su fe en que todo me irá bien gracias a la ayuda de Dios, así como a él también, gracias padre por ser un ejemplo para mí.

A mis hermanos, Henry, Chany, Jairo, Lady, quienes de muchas formas han sido de apoyo y aliento en el progreso a mis estudios, a ellos las gracias.

A Lilian Verde Flores, quien con mucho amor y cariño, me aconseja y con su ejemplo logra ser fuente de motivación para seguir adelante, muchas gracias por tu sinceridad y amor.

Obed M. Muro Z.

Agradecimiento

Al Ing. Humberto Acuña Peralta, presidente del Directorio de la USS, quien ha sido el promotor de mis estudios universitarios y me ha brindado las facilidades del caso para cumplir con mis metas de formarme como ingeniero, a quien quedo infinitamente agradecido y le deseo muchos éxitos en su quehacer diario.

Al Ing. Marcelino Carretero Obando, quien ha sido la persona que ha influenciado mucho en ser un investigador y con su ejemplo ha logrado calar en mí ese espíritu de luchador por lograr los objetivos, a él las gracias.

Al Ing. Ruswel Cacho Abanto, quien con sus sabios consejos ha logrado motivar, y facilitar las condiciones necesarias para que los conocimientos adquiridos sean aplicados en nuestra realidad, a quién le agradezco mucho y le deseo muchos éxitos en su vida y en la de su familia.

Al Pastor Ascencio Quispe Willca, quien con sus oraciones y sus sabios consejos ha logrado guiarme en mi vida profesional y personal, gracias pastor y éxitos en sus esfuerzos.

A Fray Becerra, quien con su sencillez, humildad y gracias a su apoyo incondicional de amigo ha sido de gran ayuda, muchas gracias y muchos éxitos en tu vida profesional y personal

A Juan Carlos Arcila Díaz y a John Montalvo quienes con su ayuda incondicional me han permitido incursionar en el mundo de la programación orientado a la visión computacional, mi agradecimiento y estima personal, y les deseo muchos éxitos.

Índice

Índice	4
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción	9
Capítulo I.....	12
Capítulo I: Plan de Investigación.....	13
1.1 Situación Problemática	13
1.2 Formulación del problema	16
1.3 Delimitación de la investigación	17
1.4 Justificación e importancia	17
1.5 Limitaciones de la investigación	18
1.6 Objetivos de la Investigación	19
1.6.1 Objetivo General.....	19
1.6.2 Objetivos específicos.....	19
Capítulo II	20
Capítulo II: Marco teórico	21
2.1 Antecedentes de la investigación.....	21
2.2 Estado del arte	22
2.2.1 Modelos de Color.....	28
2.3 Base Teórica Científicas.....	29
2.4 Definición de términos básicos.....	41
Capítulo III	42
Capítulo III: Marco Metodológico.....	43
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	43
3.1.1 Tipo de investigación	43
3.1.2 Tipo de investigación	43
3.1.3 Diseño de investigación	44
3.2 Población y Muestra	45
3.3 Hipótesis	46

3.4 Variables	46
3.5 Operacionalización	47
3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
3.7 Procedimiento para la recolección de datos	48
3.8 Plan de análisis estadístico de datos	49
3.9 Criterios Éticos.....	49
3.10. Criterios de rigor Científico	50
3.11. Evaluación económica del Software	51
Capítulo IV	54
Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados.....	55
4.1 Pruebas Realizadas.....	55
4.2 Resultados de las pruebas	56
4.2.1. Tiempo que tarda cada método en procesar una secuencia de imágenes.....	56
4.2.2. Porcentaje de imágenes de tipo cardumen anchoveta correctamente y erróneamente clasificados.....	57
4.2.3. Porcentaje de imágenes de tipo cardumen jurel correctamente y erróneamente clasificados.....	58
4.2.4. Porcentaje de precisión final para la clasificación de imágenes de cardumen tipo anchoveta y jurel.	59
Capítulo V	61
Capítulo V: Propuesta de investigación	62
5.1. Identificar los patrones visuales en imágenes de cardumen.....	63
5.1.1 Anchoveta.....	63
a. Nivel de Concentración:.....	63
b. Formas de Agruparse:	64
5.1.2. Jurel.....	66
a. Nivel de Concentración:.....	66
b. Formas de Agruparse	66
5.2. Establecer un método de identificación del cardumen.	67
5.3. Procesar las imágenes	68

Diagrama de Bloques:	74
Capítulo VI	75
Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
6.1. Conclusiones	76
6.2. Recomendaciones	77
Referencias	79
Anexos	81
Interface de aplicación para la detección de tipos de cardumen.	82
Selección del archivo en formato JPG	83
Formato de la imagen de entrada al Sistema:	84
Formato de la imagen recortada de pre procesamiento:	85
Formato de la imagen pre procesada con algoritmo MedianBlur:	86
Valores de los canales RGB tanto para los tonos de rojo como para verde.	87
Aplicando Dilatación	92
Aplicando K Means	93
Figuras segmentadas por K Means y sus resultados con su respectivo umbral	94
Aplicando OTSU y Segmentando	95
Aplicando OTSU y Segmentando, imagen en color resultante.	96
Extrayendo Características y Clasificando como imágenes de salida del sistema	97
Anchoveta	97
Jurel	98

Resumen

La identificación de cardumen de la especie pelágica como la Anchoveta y el Jurel, es una práctica del hombre de mar en la zona norte de Perú, siendo ésta de forma empírica, recogiendo las experiencias de estos hombres para llevarlo al campo formal de la ciencia computacional, capturando imágenes generadas por los equipos de sonar de tipo científico. Para la presente investigación se han obtenido videos capturados en distintos escenarios de lances (captura de peces), tanto de anchoveta y de otras especies como la de Jurel. Por las características de agruparse y navegar, se ha podido discriminar el cardumen de anchoveta de otras especies, para lo cual se aplicó técnicas de Inteligencia Artificial como es la visión computacional, algoritmos de filtrado, segmentación y clasificación, para detectar pixeles que caracterizan el cardumen a identificar. Se probaron diferentes algoritmos para cada etapa, evaluando el rendimiento de ellos con 362 imágenes, obteniendo una precisión de 83,85% para clasificar anchovetas y un 89.44% para clasificar jurel, desarrollando una aplicación en C++, utilizando librerías de visión artificial OpenCV.

Palabras claves: Cardumen, pelágica, visión computacional, sonar, OpenCV.

Abstract

The Identifying school of pelagic species such as Anchoveta and Jurel, it is a practical man sea in northern Peru, where it empirically, collecting the experiences of these men to take the formal field of computational science capturing images generated by sound scientific equipment type. Artificial Intelligence techniques are applied as computer vision algorithms, filtering, segmentation and classification, to detect pixels that characterize the shoal to identify. Different algorithms were tested for each stage, evaluating the performance of these 362 images, obtaining 83,85% accuracy for classifying anchovies and mackerel 89.44% to classify, developing an application in C ++, using the OpenCV computer vision library.

Key Words: Shoal, pelagic, computer vision, sonar, OpenCV.

Introducción

La investigación consistió en identificar tipos de cardumen en imágenes de sonar en la región Lambayeque, cuyas lanchas viajan por el mar peruano, desde la parte centro sur del Perú, hasta la zona norte de Paita en épocas que no hay veda (prohibición de pesca mediante un documento legal) en el año 2015 . La necesidad de identificar no solo cardúmenes, y clasificarlos, en el contexto no solo local, sino internacional, es una tarea exhaustiva para el campo de la electrónica y ahora para la ciencia computacional especialmente en la captura de la información. Para este proyecto de investigación se han procesado imágenes resultantes del equipo sonar de tipo SIMRAD SX90, tomando solo dos especies, la Anchoveta y el Jurel cuyas características se encuentran especificadas en informes del Instituto del Mar Peruano (IMARPE).

Se estableció un método para el procesamiento e identificación de ambos tipos, usando herramientas como el IDE QT, codificando en C++ y librerías de OpenCV. Se realizó un pre procesamiento para limpiar las imágenes y para el procesamiento inicial de dichas imágenes se extrajeron como características principales de estudio su color de cada especie, utilizando algoritmos de segmentación por color se ha logrado clasificar dos tipos de cardumen, la anchoveta donde prevalecen tonalidades de color rojo y el jurel con tonalidades de color verde.

Se han evaluado los resultados con la ayuda de un experto pescador, obteniendo conclusiones favorables para la clasificación de cada tipo de cardumen, llegando

a tener una precisión de 83,85% para la clasificación de anchoveta y 89,44% para la clasificación de jurel.

En el Capítulo I, se explica la situación problemática que se está abordando para el trabajo de investigación, la formulación del problema, la justificación e importancia de la misma y que objetivos generales y específicos se persigue.

En el Capítulo II, se presentan los antecedentes de la investigación, tomados como referencia para estudiar y analizar las soluciones previas relacionadas con el presente trabajo de investigación. El estado de arte, y las bases teórico – científico donde se describe los conceptos y técnicas a emplear en el proyecto y la definición de conceptos básicos.

En el Capítulo III, se detalla el tipo y diseño de la investigación, la población y la muestra, la hipótesis de esta investigación, las variables a utilizar y los procedimientos específicos para el desarrollo de la misma.

En el Capítulo IV, se muestran las pruebas realizadas al método propuesto basados en técnicas de Inteligencia Artificial para la clasificación de cardumen de anchoveta y jurel. Se evalúa el método propuesto en esta investigación que permite la clasificación de cardumen de anchoveta y jurel utilizando como característica base su color.

En el Capítulo V, se expone la propuesta del método que se ha implementado, la identificación de los patrones visuales en imágenes de las especies de Anchoveta y de Jurel, se establece un método de identificación del cardumen y como la imagen pasa por las diferentes etapas del método propuesto, la entrada de la imagen, el suavizado, la segmentación, la identificación por colores

predominantes y su almacenamiento, una breve descripción del sistema empleado con su diagrama de bloques.

En el Capítulo VI, se exponen las conclusiones y recomendaciones.

Al final se muestran las referencias bibliográficas y finalmente los anexos.

Capítulo I

Capítulo I: Plan de Investigación

En este apartado, se explica la situación problemática que se está abordando para el trabajo de investigación, la formulación del problema, la justificación e importancia de la misma y que objetivos generales y específicos se persigue.

1.1 Situación Problemática

Drápela (2006) en su investigación señala que la pesca semi-industrial requiere de un análisis previo de las zonas de casa marinas donde se realiza la pesca, este análisis consiste en utilizar un equipo electrónico llamado ecosonda (utilizado para medir profundidad en el mar) el cual trasmite un pulso de sonido mediante un transductor (dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica), cuyo rebote del pulso receptiona y las transforma en imágenes según la resolución del equipo receptor, dichas imágenes son analizadas por los expertos en pesca, quienes obtienen resultados para decidir si se trata de un cardumen, peces agrupados normalmente por el mismo tamaño y no siempre de la misma especie (Real Academia Española, 2014) y poder iniciar la faena de extracción.

La investigación concluye que se debe enfocar el análisis de los tipos de cardúmenes, es necesario conocer su clasificación y que especies son las de consumo humano, por esta razón la identificación de cardúmenes es importante porque permite concentrar esfuerzos en el análisis y las especies para consumo humano se denominan pelágicas, grupo de especies, que navegan sobre el llano abisal dentro de las 200 Millas náuticas (Gil-Kodaka, 2004).

Como la mayoría de las especies pelágicas, la anchoita presenta un

comportamiento con tendencia a formar cardúmenes muy densos durante horas diurnas y capas dispersas (sobre la superficie) por la noche (Hansen, 2004).

Cabreira (s.f.) realizó un trabajo de investigación analizando las señales capturadas por los ecosondas en busca de patrones para identificar tipos de cardúmenes, para lo cual utilizó programas específicos para procesar las señales las que son llamados registros acústicos, permitiendo el reconocimiento de las siluetas de los cardúmenes. Estos registros acústicos contienen información sobre los parámetros morfométricos (método que se utiliza en varias disciplinas, basado en la forma de ciertas cosas), energéticos y batimétricos de los cardúmenes registrados. A la vez realizar investigaciones Scalabrin & Massé (1993); Petitgas & Levenz (1996) Anonymous (1998); Coetzee (2001); Lawson, et al (2001) para determinar la forma de registrar los cardúmenes lo cual se vincula a una nueva rama de la Hidroacústica (ecos de sonido en el agua) y se denomina “echo trace classification” y su mayor aplicación está en la caracterización de los cardúmenes de especies de interés comercial.

Drápela (2006) considera que investigaciones abordadas anteriormente, se basaron en el tratamiento de señales acústicas, capturadas en ondas sinusoidales y reflejadas en un registrador de papel.

Para la detección de los cardúmenes a partir de los archivos digitales de los ecogramas (también llamados ecoregistros) y para la medición de los descriptores acústicos, se utilizó el módulo schools del programa SonarData Echoview v.3.5 el cual utiliza una base de datos para almacenar los registros acústicos. Para que un registro acústico (ecoregistro) sea reconocido por el

programa como una estructura de cardumen, el mismo se debe configurar de acuerdo con una serie de criterios relativos a parámetros tales como separación del cardumen, altura de navegación y largos mínimos del cardumen, etc.

Cuando se utiliza una ecosonda de haz simple, las dimensiones verticales y horizontales de la imagen acústica de un cardumen, sufren distorsión debido a los efectos de la duración del pulso y por el ancho del haz de sonido, debido a esto, imágenes similares pueden ser producidas por diferentes cardúmenes y viceversa, el mismo cardumen puede producir una amplia cantidad de imágenes diferentes, dependiendo de la profundidad a la que este se encuentre posicionado. Los cardúmenes fueron clasificados como anchoita basados en los muestreos directos con redes de arrastre (redes amarradas en la parte posterior del barco). En zonas sin información (entre lances de pesca o zonas de extracción), la asignación de especies se basó en la experiencia e interpretación visual de las características de los ecoregistros realizada por el investigador. Asimismo, los ecoregistros fueron eliminados de la base de datos que representan los cardúmenes cuyas características morfométricas indicaban que podría tratarse de surel (*Trachurus lathami*), la especie acompañante más frecuente en las capturas de anchoita. Durante las investigaciones, se pudieron reconocer diversas formas y tamaños de cardúmenes. Muchos se presentaron en forma aislada, formando una “cinta” en un mismo nivel de profundidad.

Gerlotto & Paramo (2003) investigaron y tuvieron resultados referente a cardúmenes del stock bonarense (Argentina) respecto a la morfometría de la *Engraulis anchoita*, que tienen una forma de disco horizontal cuando se

visualizan el banco de peces, es decir que sus dimensiones en el plano horizontal son mayores que en el vertical. Investigaciones llevadas a cabo por sobre la morfologías de cardúmenes de clupeidos (*familia de peces*), obtenidas mediante ecosondas de haces múltiples, mostraron una relación altura/largo de los cardúmenes de 39%.

Cabreira (2007) observó en su investigación los tamaños y formas de los cardúmenes de *Engraulis anchoita* registrados y a la vez Scalabrin & Masse (1993) encontraron resultados similares a la especie *Engraulis encrasicolus*. Por el contrario, Lawson (2001) obtuvo resultados en su investigación que los cardúmenes de *Engraulis capensis* muestran ser de mayor extensión, mayor altura, área y perímetro. .

Para este trabajo de investigación, se utilizan los mencionados archivos digitales identificados como ecoregistros de cardúmenes en forma de imágenes.

1.2 Formulación del problema

Los esfuerzos por identificar cardúmenes van desde la aplicación de los satélites, un ejemplo claro son los sistemas LIDAR, es decir, Light Detection and Ranging, el cual se utiliza para estudios de batimetría en aguas poco profundas, identificación de banco de peces (cardúmenes), etc. (Janardhanan Sundaresan, 2013). La localización, identificación y captura de peces es cada vez más difícil, y aumenta el tiempo de búsqueda, el costo y esfuerzo. (Janardhanan Sundaresan, 2013).

Por lo expuesto anteriormente, la utilización de las sonares y las ecosondas se ha vuelto una necesidad para las faenas de pesca cuyas imágenes requieren un

especial tratamiento, por lo tanto el presente trabajo de investigación se centra en identificar cardúmenes, basado en reconocimiento de imágenes para mejorar la forma en que se identifican los cardúmenes y para ello se busca definir un método para la identificación de tipos de cardúmenes a partir de las imágenes que genera el equipo sonar.

Es por ello que se trata de resolver la siguiente interrogante: ¿Qué método se utiliza para identificar tipos de cardumen en imágenes de sonar?

1.3 Delimitación de la investigación

Para la presente investigación solo se utilizarán imágenes obtenidas del rastreo del sonar SIMRAD SX90 en la zona centro-norte de Perú, partiendo por la región Lambayeque y sus alrededores.

Solo se clasificarán los cardúmen de Anchoveta, y el Jurel; utilizando como característica principal su color que se muestra en las imágenes obtenidas por el equipo sonar SIMRAD SX90.

1.4 Justificación e importancia

La presente investigación espera realizar distintas contribuciones.

En primer lugar contribuir a los estudios relacionados con una de las líneas de investigación de la escuela de Ing. De Sistemas como es inteligencia artificial en el campo del reconocimiento de imágenes.

En tercer lugar busca una triangulación entre la sociedad del conocimiento en educación superior, la tecnología actual de la región y la aplicación de diferentes teorías, buscando una aplicación como un aporte al desarrollo del conocimiento científico, especialmente en Región Lambayeque.

Se justifica porque al tener un buen método de búsqueda, posibilitará expresar con algún grado de incertidumbre el tipo de cardumen en imágenes de sonar.

En lo tecnológico, se podrá crear un nuevo método de lectura que corresponden al tipo de cardumen deseado, pues en una segunda etapa se podría integrar a los equipos sonar.

En lo científico, se justifica pues este proyecto permitirá ser referente a nuevas investigaciones.

Se justifica, porque permitirá el reconocimiento de áreas de pesca artesanal, industrial y áreas específicas de mayor desarrollo de cardúmenes, según “*plan nacional de pesca 2010*”.

En lo Social, este proyecto aporta a reducir el tiempo de retorno de los tripulantes al seno familiar.

1.5 Limitaciones de la investigación

- a. La presente investigación tiene como limitación el acceso a la captura de las imágenes in situ, por las restricciones que tienen las embarcaciones para llevar tripulantes extras a la lista entregada al terminal portuario que brinda permisos para faenas de pesca.
- b. Las condiciones climatológicas adversas no permite acceder a la navegación en altamar, reduciendo así el tiempo para la captura de datos, que son las imágenes de sonar, por tal motivo se recurre a la captura de

video en tiempo real con equipos científicos por medio del equipo de eco sondeo del Instituto del Mar Peruano IMARPE.

- c. Se trabajó con frames para analizar pixeles y regiones cuyos colores definen la concentración y formas de navegación según la caracterización de las especies de Anchoveta, cardumen más representativo y Jurel.

1.6 Objetivos de la Investigación

1.6.1 Objetivo General

Identificar cardumen de anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) en imágenes resultantes de utilizar equipos sonar.

1.6.2 Objetivos específicos

- a. Identificar los patrones visuales del cardumen jurel y anchoveta en imágenes de sonar.
- b. Establecer un método de identificación del cardumen.
- c. Establecer patrones validos de reconocimiento de imágenes.
- d. Desarrollar una herramienta computacional para validar el método de identificación de cardúmenes.
- e. Aplicar pruebas con la herramienta computacional para la identificación de cardúmenes de anchoveta (*Engraulis ringens*), jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) en imágenes de sonar, y evaluar los resultados.
- f. Realizar la evaluación económica de la propuesta.

Capítulo II

Capítulo II: Marco teórico

En este apartado, se presentan los antecedentes de la investigación, tomados como referencia para estudiar y analizar las soluciones previas relacionadas con el presente trabajo de investigación. El estado de arte, y las bases teórico – científico donde se describe los conceptos y técnicas a emplear en el proyecto y la definición de conceptos básicos.

2.1 Antecedentes de la investigación

Brehmer, P. & Otros, (2005). Venezuela, en su estudio Comportamiento dinámico y reacción de evitamiento en cardúmenes de peces pelágicos ante el estímulo del buque de prospección acústica, observados a través de un sonar multihaz, que tiene como objetivo, estudiar el comportamiento de nado de *Sardinella Aurita* usando un sonar omnidireccional Simrad SR240 a bordo del B/O Antea en aguas venezolanas, utilizó una metodología nueva de adquisición y procesamiento de los datos del sonar, que permite extraer informaciones sobre la dinámica y la estructura espacial de los cardúmenes presentes.

Concluye que la reacción de evitamiento es significativamente mayor (20%) durante las operaciones de arrastre (velocidad 3-4 nudos) que durante la prospección acústica (velocidad 5-6 nudos), ya que durante esta última, el 32% de los cardúmenes evitó el buque; pudiéndose apreciar que existen varias diferencias en esta reacción, los cardúmenes evitan de forma más activa de día que de noche; los juveniles evitan más que los adultos; lo que determina que la diferencia de evitamiento entre períodos de pesca y de prospección se debe a la velocidad de la embarcación.

De esta investigación se puede resaltar que la velocidad de navegación del buque, el horario de pesca y la edad del cardumen producen reacciones instintivas en su comportamiento, lo que significa que las imágenes se capturan tienen variaciones en cuanto a la forma de un mismo tipo de cardumen según la edad del pez. Esto aporta a la caracterización de color de las imágenes de sonar. Muñoz (s.f.) en su estudio acerca de los sonares, define los métodos actuales de verificación de sónares, sus principales complicaciones y aplicaciones del sónar en la industria pesquera, en donde detalla la metodología que utilizó y sus diagramas de flujo del software que controla dichos equipos y cuarto hacerla evaluación del diseño final del sistema, además se describen las condiciones en que se desarrollaron las pruebas preliminares y se muestran los resultados de las simulaciones tanto del software como del hardware y el costo de su implementación.

Como conclusión se desarrolló un sistema eficiente para determinar la eficacia del funcionamiento de los sónares.

De esta investigación se puede resaltar que los equipos pueden variar en la forma de cómo éstos se comportan en plena faena, pudiendo generar imágenes erróneas, las cuales se discriminaron en el proceso de selección de imágenes válidas.

2.2 Estado del arte

A principios de los años 90's, aparece por primera vez mencionada la técnica CBIR en un trabajo de T. Kato, el termino CBIR fue utilizado para describir a un sistema que recuperaba imágenes de una base de datos basándose en el color

y la forma, pero parece que hasta inicios de la década del 2000 se tiene precisión en el concepto orientado hacia la extracción automática de características, así como a la representación de los datos.

Las técnicas CBIR usan características de bajo nivel, e.g. texturas, color y forma para representar a las imágenes. Cada tipo de imagen tiene sus retos a resolver en las dos tareas de fondo, el reconocimiento y la clasificación, más allá del propósito final del usuario de la consulta, de ahí que generalmente las aplicaciones de CBIR se aterrizan hacia un tipo de imágenes, siendo las de escenarios naturales un tipo muy complicado por la mezcla de colores y formas no regulares. La forma como tradicionalmente se atacó el problema de la organización de imágenes fue a partir de la generación de "etiquetas" asociadas a cada una. Es así que se generaban bases de datos de registros de etiquetas ligadas a cada imagen, pudiendo una imagen tener tantas etiquetas como conceptos se le puedan asociar.

Esta técnica se ha automatizado en motores de búsqueda usando autómatas, tal que al analizar una página web con imágenes, se hace un análisis estadístico de las palabras contenidas en texto de la página, y de forma automática se asocian las palabras con mayores frecuencias, como etiquetas de las imágenes de esa página. Esta técnica ha sido muy probada y ampliamente usada, pero se tienen resultados irrelevantes, que al buscar imágenes de un concepto o palabra el buscador nos regresa imágenes no tienen relación con lo buscado. Otra desventaja directa de la técnica de etiquetado es el idioma de las etiquetas,

teniendo que usar un proceso adicional de traducción de las mismas a otros idiomas.

Uno de los pioneros en aplicación de CBIR fue IBM, que patentó el sistema Query By Image Content en el año 1995. Con el paso de los años, fueron apareciendo más sistemas con diferentes variantes, entre los cuales se destacan Photobook realizado en el MIT, Blobworld desarrollado en UC Berkeley, SIMBA, FIRE entre otros [6]. Con el auge y masificación de las imágenes digitales en la Internet aparecieron buscadores de imágenes como Webseer en el año 1996 y Webseek en el año 1997. A su vez, hubo desarrollos importantes en motores de búsqueda de bases de datos relacionales como IBM DB2 y Oracle, donde se incluyeron herramientas a sus productos para facilitar la recuperación de imágenes por contenido visual, acercando la tarea de CBIR al ámbito de la industria.

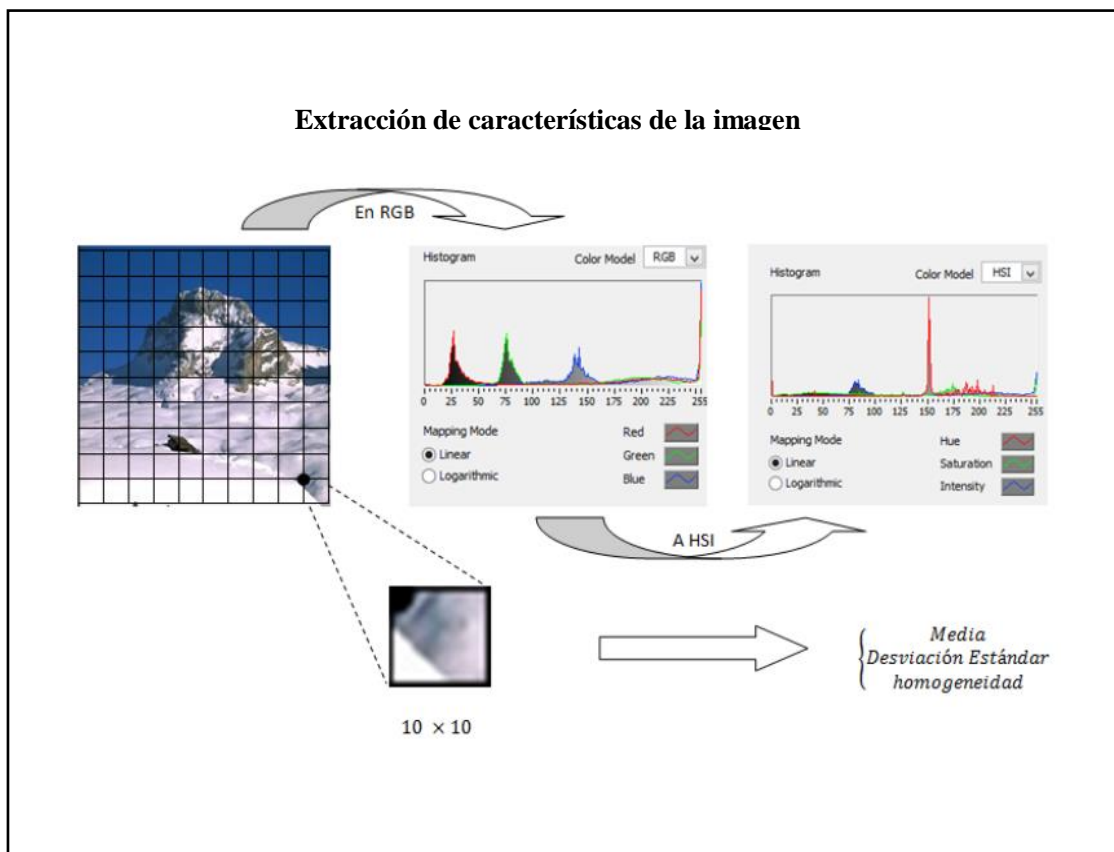
El proceso de extracción de características desarrollado en el presente trabajo (Juan Villegas Cortez, 2014) se divide en cuatro subprocesos, todo visto como una metodología:

El proceso de extracción de características desarrollado en el presente trabajo se divide en cuatro subprocesos, todo visto como una metodología:

- (i) extracción de Información de la imagen en espacio de color RGB,
- (ii) conversión de los datos al espacio de color HSI (para tener más información a bajo nivel),
- (iii) selección de muestras en ventanas de 10 x 10 pixeles, y
- (iv) cálculo de valores estadísticos asociados a las texturas seleccionadas (la media (μ), desviación estándar (δ) y homogeneidad); tal como se muestra

en la Figura 1.

Figura 1:Proceso de extracción de características, se divide en cuatro subprocesos



Fuente: Research in Computing Science 74 (2014), Modelado computacional de habilidades lingüísticas y visuales.

Fuente: Villegas, et al (2017). Implementación de un sistema de reconocimiento de imágenes por contenido usando algoritmos genéticos. Acapulco, México: Research in Computing Science

Proporcionando más detalle de la metodología, una vez determinada una base de datos con la cual trabajar, se realiza la extracción de información de cada imagen en valores de espacio RGB. Las imágenes de las bases de datos procesadas tienen un tamaño de 256 x 256 píxeles. La información que se

obtiene de cada imagen se trabaja en matriz-vector, teniendo un vector unidimensional de 196608 elementos. En éste vector, se encuentran tres datos por cada pixel, uno para el canal R, uno para el G y otro para el B, iniciando con el pixel₀ hasta el pixel_n de la imagen. Para facilitar el manejo de los datos, se redimensiona dicho vector a una matriz de 65536 x 3 elementos, teniendo en cada fila los datos de los canales RGB correspondientes a cada pixel_i. En esta parte, los valores de la imagen aún están expresados en RGB, pero para obtener mejores resultados, deben ser convertidos a valores HSI (Hue, Saturation, Intensity).

El primer paso para la conversión consiste en normalizar los valores RGB, luego de realizada la normalización, por conveniencia para valores de colores neutros tales como negro, blanco y gris, en donde los valores para R, G y B son iguales, se considera $H = 0$, de igual manera, los valores H, S e I se convierten en los siguientes rangos:

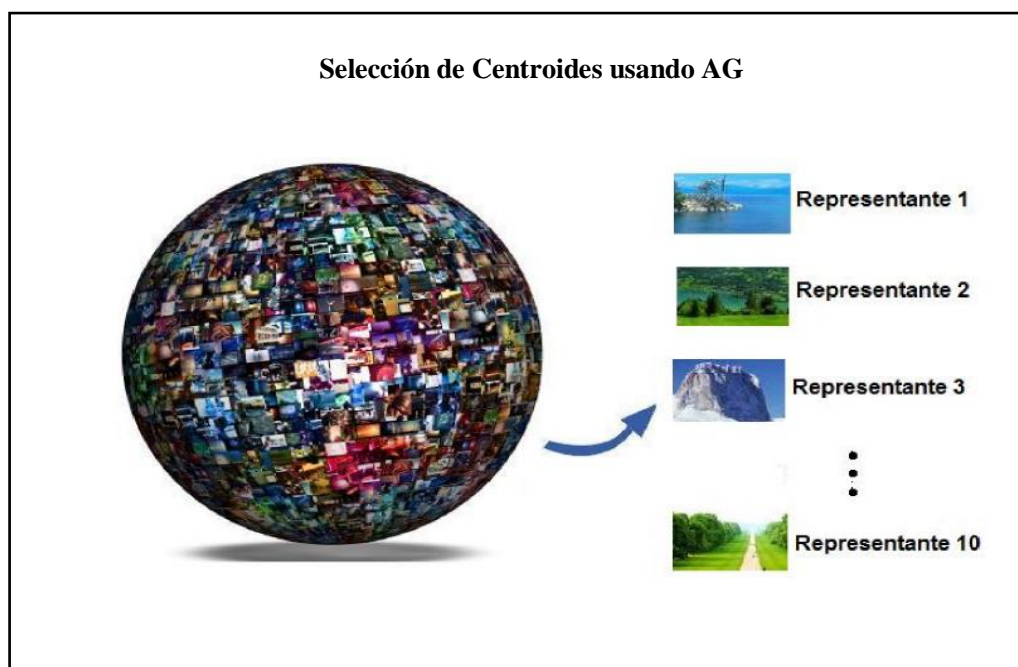
$$I = i \times 255 \dots \dots \dots \text{Formula de la Intensidad (Intensity)}$$

$$H = \frac{h \times 180}{\pi} \dots \dots \dots \text{Formula de Matiz (Hue)}$$

$$S = s \times 100 \dots \dots \dots \text{Formula de la Saturación (Saturation)}$$

Habiendo obtenido la matriz de características de cada imagen se procede a la elección de los centroides. El centroide no es sino un representante que por sus características es el adecuado para cada clase, es decir para cada grupo. Para la definición de los centroides se utiliza un AG estándar de estado estacionario con una estrategia de selección elitista, en donde los elementos con mejores candidatos de cada iteración se mantienen a la siguiente iteración y es invariante bajo permutaciones. La operación de mutación se aplica como es habitual en los candidatos elegidos al azar, como se muestra en la Figura 2:

Figura 2: La operación de mutación se aplica como es habitual en los candidatos elegidos al azar



Fuente: Villegas, J.(2014). *Implementación de un sistema de reconocimiento de imágenes por contenido usando algoritmos genéticos*. Acapulco, México: Research in Computing Science.

Villegas (2014) en su investigación referente a la caracterización por contenido obtuvo resultados satisfactorios, logrando niveles de exactitud en

recuperación hasta de un 90%. Como trabajo futuro se plantea dos puntos inmediatos:

- (i) ampliar el número de imágenes de prueba, y
- (ii) realizar la implementación en hardware FPGA o dispositivo móvil del sistema CBIR optimizado, de tal manera que mediante una cámara del propio dispositivo se adquieran y procesen las imágenes, y sea capaz de clasificar el tipo de imagen por medio de sus características

2.2.1 Modelos de Color

El modelo de color se define como un modelo de representación del color con respecto a los valores de intensidad.

El propósito de un modelo de color es facilitar la especificación de colores en algún formato estándar. Un modelo de color es una especificación de un modelo de coordenadas 3-D y un subespacio dentro de ese sistema donde cada color se representa por un punto único.

La mayoría de los modelos de color que se utilizan están orientados hacia el hardware como monitores o impresoras o aplicaciones de manipulación de color. El modelo orientado al hardware más común es el RGB (red-green-blue), el modelo CMY (cyan-magenta-yellow) para impresoras en color y el YIQ que es el estándar para la difusión de TV (Y = luminancia, I y Q son dos componentes cromáticas). Para la manipulación del color se suelen utilizar los modelos HSI (matiz, saturación e intensidad) y HSV (matiz, saturación y valor) (Corral Martín & García Sánchez) (JESÚS, 2014)

2.3 Base Teórica Científicas

Se presentan los conocimientos o bases teóricas que serán empleadas en el trabajo de investigación. En este apartado, el autor ha estructurado el contenido en tres partes: Empezaremos describiendo las tecnologías de desarrollo que servirán para el desarrollo de la aplicación. La segunda parte contiene todo lo referente en cuanto al tratamiento de imágenes y la forma de caracterizarlas para el reconocimiento de cardumen. Y para terminar, en la tercera parte se describe todos los algoritmos más importantes que se han desarrollado dentro de los sistemas de reconocimiento de imágenes por regiones y áreas.

A. Tecnologías de Desarrollo

Estas son algunas de las herramientas utilizadas para el desarrollo del presente proyecto, haciendo un resumen de las características más importantes que poseen dichas tecnologías.

A.1 QT Creator

Qt Creator es un IDE creado por Trolltech, para el desarrollo de aplicaciones con las bibliotecas Qt, requiriendo su versión 4.x. Está disponible para los sistemas operativos Linux, Mac y Windows, permitiendo al desarrollador crear aplicaciones para múltiples sistemas o plataformas móviles.

A.2 OpenCV

OpenCV es liberado bajo una licencia BSD y por lo tanto es gratis, tanto para uso académico y comercial, actualmente se encuentra disponible la versión 3.0. Cuenta con interfaces para los diferentes lenguajes de programación como C++, C, Python, Java y es compatible con Windows, Linux, Mac OS, iOS y Android. Esta librería ha sido diseñada para la eficiencia computacional y con un fuerte enfoque en aplicaciones de tiempo real. Escrito C / C ++, la biblioteca puede tomar ventaja de procesamiento multi-core. Habilitado con OpenCL, se puede aprovechar la aceleración de hardware de la plataforma de computación heterogénea subyacente. Toda la documentación de esta librería lo podemos encontrar en www.opencv.org.

A.3 Modelos de color

El modelo de color se define como un modelo de representación del color con respecto a los valores de intensidad.

El propósito de un modelo de color es facilitar la especificación de colores en algún formato estándar. Un modelo de color es una especificación de un modelo de coordenadas 3-D y un subespacio dentro de ese sistema donde cada color se representa por un punto único.

La mayoría de los modelos de color que se utilizan están orientados hacia el hardware como monitores o impresoras o aplicaciones de manipulación de color. El modelo orientado al hardware más común es el RGB (red-green-blue), el modelo CMY (cyan-magenta-yellow) para impresoras en color y el YIQ que es el estándar para la difusión de TV (Y = luminancia, I y Q son dos componentes

cromáticas). Para la manipulación del color se suelen utilizar los modelos HSI (matiz, saturación e intensidad) y HSV (matiz, saturación y valor) (Corral Martín & García Sánchez, Colores y Sombras).

Modelo de color RGB

El modelo RGB es el espacio de color más utilizado en muchas ramas y el que utilizan la mayoría de digitalizadores para construir una imagen a color, por lo tanto, es importante en el campo de la inteligencia artificial (Gill & Torres, 2004). El espacio RGB se representa como un cubo [Fig. 13] donde un color viene definido por la mezcla de valores de intensidad de tres colores primarios: rojo (R), verde (G) y azul (B). Un color viene descrito por la intersección de 3 coordenadas en el cubo, como se muestra en la imagen (Gill & Torres, 2004).

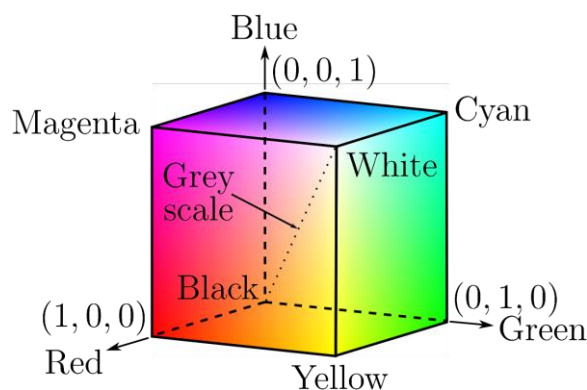


Figura 3: Representación gráfica del modelo RGB.

Este esquema de color es un modelo aditivo: las intensidades de los colores primarios se suman para producir otros colores. Cada punto de color contenido en los límites del cubo puede representarse como la tríada (R, G, B), donde los valores de R, G, B se asignan en el intervalo de 0 a 1.

Por ejemplo, el vértice magenta se obtiene sumando el rojo y el azul para producir la tríada (1, 0, 1) y el blanco en (1, 1, 1) es la suma de los vértices rojo,

verde y azul. Las sombras de gris se representan a lo largo de la diagonal principal del cubo del origen (negro) al vértice blanco. Cada punto situado en esta diagonal tiene una contribución igual de cada color primario, de manera que una sombra de gris en medio del negro y el blanco se representan como (0.5, 0.5, 0.5) (Corral Martín & García Sánchez, Colores y Sombras).

Histograma de una imagen

El histograma de una imagen es la representación de la frecuencia de aparición de cada una de las intensidades de color presentes en la imagen, mediante la contabilidad de los píxeles que comparten dichos valores de intensidad de color [Fig. 14]. El histograma está compuesto por diferentes rangos o contenedores que representan un valor o conjuntos de valores de intensidad de color, (Boullosa, 2011).

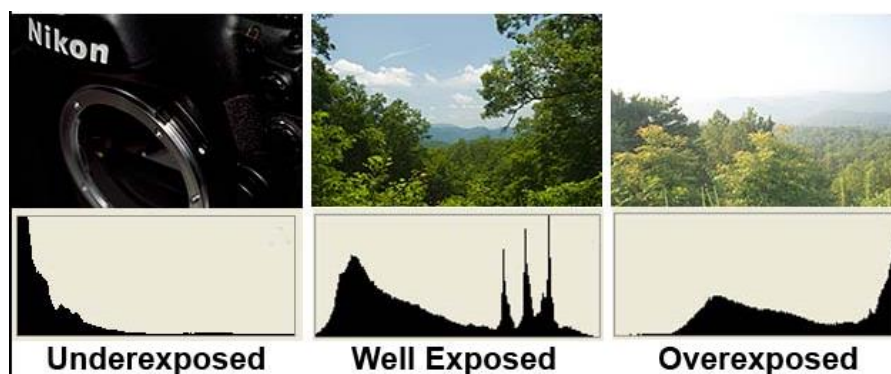


Figura 4: Histograma de múltiples imágenes digitales.

Un histograma está compuesto por diferentes rangos o contenedores que representan un valor o conjuntos de valores de intensidad de color (Boullosa, 2011).

Anterior a la etapa de contabilización de cada uno de los valores de los píxeles, existe una etapa de cuantificación de los intervalos o contenedores que se refiere

al proceso de reducción del número de intervalos agrupando colores cuyos valores están próximos entre sí en el mismo contenedor. Esta etapa es importante en cuanto a que la cuantificación de los intervalos reduce la información representada por el descriptor sobre la imagen al mismo tiempo que reduce el tiempo de cálculo. Cuanto mayor sea el número de intervalos, mayor poder discriminativo tendrá el descriptor. Sin embargo, un gran número de intervalos no sólo incrementará el coste computacional asociado al descriptor, sino que también resultará inapropiado e ineficiente en cuanto a las comparaciones.

A.4 Segmentación de imagen.

En el campo de procesamiento de imágenes digitales, la segmentación es el proceso que consiste en dividir o particionar una imagen en sub regiones, componentes, partes u objetos, de manera que ayude en el análisis de la misma. La segmentación puede también ser definida como el encontrar, por medio de un algoritmo numérico, sub regiones homogéneas y sus bordes (Sossa Azuela, 2006).

Pérez (1997), explica: “La partición de la imagen en rangos cuadrados de tamaño fijo es la forma más sencilla de afrontar el problema de la segmentación de la imagen. Este enfoque, sin embargo, adolece de ser independiente de las características de la imagen considerada. La consideración de una partición adaptativa tiene una gran cantidad de ventajas porque en las imágenes suele haber regiones homogéneas que se pueden cubrir aceptablemente con bloques

grandes y regiones con grandes contrastes que precisan bloques más pequeños para obtener una calidad determinada” (p. 115).

El resultado de la segmentación es un número de regiones homogéneas, teniendo cada una una etiqueta única. Una imagen se define así por un conjunto de regiones que están conectados y no superpuestos, de manera que cada píxel de la imagen adquiere una región única etiqueta que indica la región que pertenece (Acharya & Ajoy, 2005).

Entre los métodos de segmentación de imágenes más relevantes tenemos el Método de Otsu, Fuzzy Shift-Means y K-Means.

a) K-Means

K-Means es un algoritmo de agrupación no difusa que proviene de la estadística tradicional. K-Means establece una distancia entre los casos mediante la selección de un número predefinido de casos. K-Means usa los casos seleccionados como semillas en el proceso de construcción de los clusters. A cada caso se le asigna un cluster en un proceso iterativo (Nettleton, 2005). El cluster asignado para cada caso es el más cerca al caso, y la distancia se mide entre el caso a incluir y el valor medio para todos los clusters. El proceso de generación de clusters termina después de un número predefinido de ciclos. En este punto los clusters actuales se fijan como el resultado del proceso (Nettleton, 2005).

El algoritmo de las k-medias es uno de los más populares iterativos descendentes métodos de cluster [Fig. 16]. Está destinado a situaciones en

las cuales todas las variables son del tipo cuantitativo, y la distancia cuadrática Euclídea es elegida como medida de diferencia (Gimenez, 2010).

$$d(x_i, x_i') = \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{ij}')^2 = ||x_i - x_i'||^2$$

El algoritmo es sencillo y eficiente. Además, procesa los patrones secuencialmente (por lo que requiere un almacenamiento mínimo). El inconveniente radica en que el algoritmo se encuentra limitado por el orden de presentación de los patrones y de la cantidad de los mismos.

El proceso empieza recibiendo la cantidad de grupos o clusters a utilizar, definiendo la variable K, cada uno con su respectivo centroide. Luego, para cada objeto a agrupar se calcula su distancia y se asigna cada objeto al grupo o cluster con la distancia mínima. Por último, para cada grupo se actualiza la ubicación de su centroide en función a los objetos agrupados a él, todo esto hasta que el algoritmo se considere convergido, es decir, no presenta variación con respecto a las asignaciones a cada grupo o los centroides.

b) Segmentación por umbralización

La umbralización es una técnica de segmentación ampliamente utilizada en las aplicaciones industriales. Se emplea cuando hay una clara diferencia entre los objetos a extraer respecto del fondo de la escena (U.N.Q., 2005). Los principios que rigen son la similitud entre los píxeles pertenecientes a un

objeto y sus diferencias respecto al resto. Por tanto, la escena debe caracterizarse por un fondo uniforme y por objetos parecidos. Busca segmentar imágenes creando una partición binaria de las intensidades de las imágenes. Una umbralización trata de determinar un valor de intensidad, llamado umbral (threshold), que separa la clase deseada (Coto, 2003).

La umbralización es una técnica efectiva para obtener la segmentación de imágenes donde estructuras diferentes tienen intensidades contrastantes u otras características diferenciables. Para imágenes escalares, los métodos interactivos pueden estar basados en la apreciación visual del usuario ya que la operación de umbralización es implementable en tiempo real.

Al aplicar un umbral, T , la imagen en escala de grises, $f(x,y)$ quedará binarizada; etiquetando con '1' los píxeles correspondientes al objeto y con '0' aquellos que son del fondo (U.N.Q., 2005).

Su principal limitación es que en su forma más simple solo se generan dos clases y por lo tanto no se puede aplicar a imágenes multicanal. En adición, la umbralización usualmente no toma en cuenta las características espaciales de la imagen, haciendo que sea sensible al ruido (Coto, 2003).

A.5 Adquisición de imagen

Para poder inicializar el proceso de reconocimiento, es necesario contar con un conjunto de imágenes de entrada, y para obtener estas imágenes se utilizan dispositivos de sonar con salida VGA para la captura de video del cual se extraen los frames (imágenes).

A.6 Preprocesado y normalización de la imagen

Se entiende por procesamiento digital al conjunto de técnicas que se aplican a una imagen digital con el fin de mejorar su calidad o facilitar la búsqueda de información.

Acharya & Ajoy (2005), nos hablan sobre las diversas aplicaciones del procesamiento de imágenes en múltiples actividades humanas, como en sistemas automáticos de inspección visual, sensores remotos, técnicas aplicadas a imágenes biomédicas y compresión de imágenes y video.

Easton (2010) divide al sistema de procesamiento de imágenes digitales en tres componentes: el dispositivo de entrada (o digitalizador), el procesador digital, y el dispositivo de salida (visualización de la imagen).

El digitalizador convierte un tono continuo y el brillo espacial de una distribución continua a un conjunto discreto (la imagen digital). Generalmente, son periféricos de entrada capaz de poder captar información analógica en información digital. Entre los más comunes, tenemos los escáneres, cámaras digitales, filmadoras, lectores biométricos, tabletas digitalizadoras, entre otros instrumentos más especiales utilizados en campos como la medicina.

El **procesador digital** opera en la imagen digital capturada por el digitalizador para generar una nueva imagen digital, con el objetivo de mejorar el aspecto de la misma y resaltar de ella ciertos detalles que se desean hacer notar o para la extracción de información.

La **visualización de la imagen** convierte la salida digital de la imagen nuevamente a una imagen de tono continuo y continuo espacial para su

visualización. Cabe señalar que algunos sistemas pueden no requerir una pantalla (por ejemplo, en la visión artificial y en aplicaciones de inteligencia artificial); la salida puede ser una pieza de información.

Entre las técnicas de procesamiento de imágenes, que se utilizarán en esta investigación tenemos:

Transformaciones de colores

Los espacios de color en procesamiento digital de imágenes a color son una herramienta importante que permite analizar y aprovechar toda la información presente dentro de la imagen (Vega Uribe & Reyes Figueroa, 2006).

La mayoría de las imágenes digitales representan el color utilizando el espacio de color RGB, que se compone de tres canales; uno para el rojo, uno para el verde y otro para el azul.

Las transformaciones de colores aplicadas a una imagen pueden ayudar a producir una nueva que sea más similar a lo que uno estaba buscando, mejorar la calidad visual de conjunto de la fotografía, o incluso ayudar en la creación de efectos artísticos (Montabone, 2010).

A.7 Extracción de características

Para esta etapa se necesita trabajar por color, ya que entre especie y especie, las formas son muy similares pero el color determina el nivel de concentración de cada tipo y a la vez lo cerca de cada grupo en la forma que navegar coinciden en distancias, pero en grupos muy grandes difieren en formas cuyos bordes son muy difusos.

El color rojo y la gama de colores en rojo caracterizan al cardumen del tipo anchoveta.

El color verde y la gama de colores en verde definen el cardumen de jurel.

Cuando los pixeles de colores rojo y verde se encuentran adjuntos, una de las interpretaciones válidas es debido a un traslape entre especies, especialmente si se encuentran grupos de pixeles verdes y rojos totalmente separados por pixeles azules, pero de distancias muy cerca, entonces se puede entender a que una especie depende de la otra, en este caso el jurel depende de la anchoveta.

A.8 Filtrado de imágenes digitales

Con el objetivo de seleccionar ciertos patrones espaciales de una imagen digital o un realce selectivo de los mismos se utilizan filtros de imágenes (Lira, 2010). Con estas técnicas podemos suavizar, eliminar ruido o realzar características que en la imagen original no son tan visibles o aprovechables. De tal manera, aunque aplicando determinados filtros podemos perder información, se mantiene y mejora la óptima según sea el propósito específico que se busca (Lira, 2010).

A continuación, se presentan algunos filtros lineales y no lineales usados para desenfoque (Media y Gaussiano) y realce de bordes (Canny).

a) Filtro de mediana (Median Blur)

Para calcular la mediana de un conjunto de valores estos se debe arreglar en orden ascendentes, el color que se situó en la mitad de dicho arreglo es la mediana del conjunto. Para el caso de una imagen dicho arreglo se toma

de un entorno de tamaño de $Y \times Y$ alrededor del pixel que se analiza. La figura 16 presente el resultado de aplicar un filtro de mediana de tamaño $Y \times Y$.

b) Filtro gaussiano

Este filtro tiene un mejor desempeño que el filtro de mediana. El filtro gaussiano en dos dimensiones tiene la forma

$$c) G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Donde σ es la desviación estándar de la distribución y se ha asumido una mediana igual a cero. En la Figura 17 se observa el efecto de la variación del valor de desviación del filtro gaussiano, se observa la disminución de nitidez de la imagen y por lo tanto la pérdida de los detalles finos y los contornos.

A.9 Programación Extrema (XP)

Es una metodología ágil de desarrollo de software basado en 5 valores: comunicación, simplicidad, retroalimentación, valentía y respeto. Utiliza un enfoque orientado a objetos como paradigma preferido de desarrollo, y engloba un conjunto de reglas y prácticas que ocurren en el contexto de cuatro actividades estructurales: planeación, diseño, codificación y pruebas. La fig. 07 ilustra el proceso XP y resalta algunas de las ideas y tareas clave que se asocian con cada actividad estructural

Figura 5: Etapas de desarrollo de la Metodología XP



2.4 Definición de términos básicos

- A. Algoritmo:** Es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad.
- B. Reconocimiento de patrones:** es la ciencia que se encarga de la descripción y clasificación (reconocimiento) de objetos, señales, representaciones, etc.
- C. Procesamiento de imágenes:** Campo que se basa en la transformación de imágenes para obtener otra de más calidad o mejor acondicionada para la posterior extracción de información.

Capítulo III

Capítulo III: Marco Metodológico

En el marco metodológico, se detalla el tipo y diseño de la investigación, la población y la muestra, la hipótesis de esta investigación, las variables a utilizar y los procedimientos específicos para el desarrollo de la misma.

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación determinará los pasos a seguir del estudio, sus técnicas y métodos que puedan emplear en el mismo. En general determina todo el enfoque de la investigación influyendo en instrumentos, y hasta la manera de cómo se analiza los datos recaudados.

La presente investigación es de tipo Tecnológica Aplicada, es de tipo tecnológica ya que Tiene como objetivo crear nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica; y aplicada ya que su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. (Tam, Vera, & Oliveros, 2008).

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación determinará los pasos a seguir del estudio, sus técnicas y métodos que puedan emplear en el mismo. En general determina todo el enfoque de la investigación influyendo en instrumentos, y hasta la manera de cómo se analiza los datos recaudados.

La presente investigación es de tipo Tecnológica Aplicada, es de tipo tecnológica ya que Tiene como objetivo crear nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica; y aplicada ya que su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. (Tam, Vera, & Oliveros, 2008).

3.1.3 Diseño de investigación

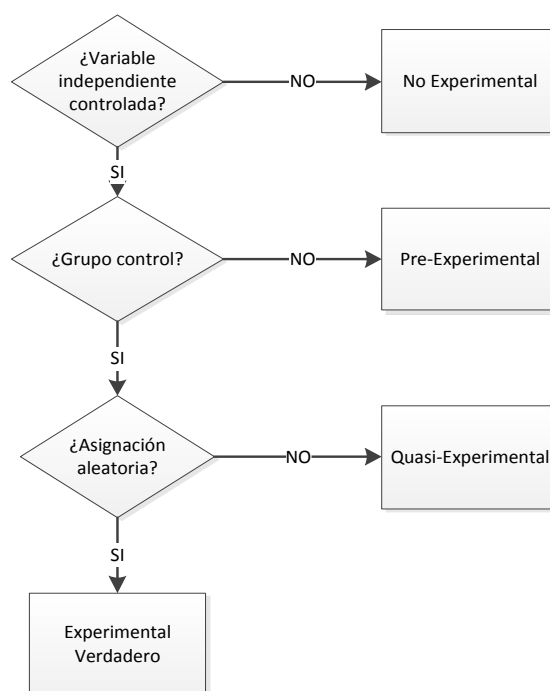
Es una clasificación según la extensión del estudio, constituye el plan general para obtener respuestas a las interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que se adoptan para generar información exacta e interpretable. Los diseños son estrategias con las que intentamos obtener respuestas a preguntas como: Contar, medir, describir.

El diseño de investigación supone, así, especificar la naturaleza de las comparaciones que habrían de efectuarse, ésta pueden ser:

- ✓ Entre dos o más grupos.
- ✓ De un grupo en dos o más ocasiones.
- ✓ De un grupo en diferentes circunstancias.
- ✓ Con muestras de otros estudios.

El diseño de esta investigación es Cuasi-Experimental, ya que no se utiliza ningún tipo de selección aleatoria o proceso de pre-selección, para escoger los grupos en las que se prueba una variable.

Figura 6 Árbol de Decisión dicotómica de los Métodos de Investigación.



Fuente: (Tam, Vera, & Oliveros, 2008)

3.2 Población y Muestra

Población

Para este proyecto la población son las imágenes capturadas de 2 variedades de cardumen del tipo pelágico que se obtienen con el equipo sonar SIMRAD SX90 y se tomó el 70% de una población total de 109344.

Muestra

Teniendo el conjunto de imágenes obtenidas con el quipo sonar SIMRAD SX90 se han evaluado 322 imágenes.

Para calcularlo se ha tomado el siguiente criterio:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{E^2(N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

n = Muestra que se desea calcular.

Z = Grado de confianza.

p = imágenes consideradas de interés para esta investigación (70%).

q = imágenes no consideradas de interés para esta investigación (30%).

N = Población, se consideró todas las imágenes (frames) obtenidas de 9 videos, en total 109344.

E = Tamaño de la población.

3.3 Hipótesis

Es posible establecer un método para identificar algún tipo de cardumen en una imagen de sonar y establecer un alto porcentaje de confiabilidad en la lectura de las imágenes.

3.4 Variables

Variable independiente

La Imagen del cardumen.

Variable dependiente

Método para la clasificación de tipo de cardumen.

3.5 Operacionalización

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	FÓRMULA
Método para la clasificación de tipo de cardumen.	1. Medición de Método de clasificación de cardumen basado en color.	Tiempo de procesamiento de una imagen.	$TP = \text{Tiempo inicio} - \text{Tiempo final}$
		Porcentaje de imágenes de jurel correctamente clasificados.	Precisión: $P = \frac{ \#Taciertos \cap \#Tmuestras }{ \#Tmuestras }$
		Porcentaje de imágenes de anchoveta correctamente clasificados.	Precisión: $P = \frac{ \#Taciertos \cap \#Tmuestras }{ \#Tmuestras }$
		Precisión final para la clasificación de cardumen (anchoveta y jurel)	Precisión: $P = \frac{ \#Taciertos \cap \#Tmuestras }{ \#Tmuestras }$

Fuente. Elaboración propia.

3.6 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se usará las siguientes técnicas.

Observación

Este método consiste en analizar las imágenes de sonar obtenidas de la faena de pesca, identificando y clasificando según observación física. Se extraerá características de cada imagen para el análisis posterior que se verá reflejado en la implementación del software

Muestra

3.7 Procedimiento para la recolección de datos

Muestra

Se capturará las imágenes mediante un equipo sonar SIMRAD SX90, obteniendo el espectro de navegación de los cardúmenes de jurel y anchoveta. En una muestra de 322 imágenes, de esta muestra para evaluar la precisión de nuestro método propuesto serán utilizadas 161 imágenes para identificar la presencia de anchoveta y 161 imágenes para identificar la presencia de jurel.

Observación

Se establecerá la relación directa entre una imagen valida perteneciente a una variedad típica versus el tipo de cardumen obtenido en la faena de pesca.

Análisis documental

Se establecerá un método para cada tipo de cardumen, según los resultados que arrojen las diferentes metodologías de análisis de imágenes aplicados a este tipo de imágenes.

3.8 Plan de análisis estadístico de datos

Para la evaluación de cada método, se calculará la siguiente ecuación estadística.

Precisión

Es la proporción de muestras correctamente diagnosticadas del total de muestras evaluadas.

$$P = \frac{|\#Taciertos \cap \#Tmuestras|}{|\#Tmuestras|}$$

3.9 Criterios Éticos

He considerado 3 criterios éticos muy importantes para mi proyecto de investigación.

Justificación al fin: Que toda decisión que he tomado persiga una meta, con el fin de buscar un resultado que se consigue con la ejecución de mi decisión tomada, la meta tiene que ser legítima.

Legitimación de los procesos de decisión: Depende mucho de los valores éticos. El resultado final de un proceso de toma de decisión puede ser una buena decisión, pero hay que tener en cuenta que el resultado global no atiende solo la

decisión concreta sino a todo el proceso. Esta distinción es especialmente importante cuando estamos hablando de decisiones que tiene un impacto muy alto en la vida de las personas.

La reflexión Ética: Tenemos que tener en cuenta la decisión entre varias alternativas en un proceso de decisión estratégica en una comunidad de personas.

Desde la reflexión filosófico-moral o ética se fundamentan y legitiman escalas de valores que no pueden ser ignorados en ningún ámbito de acción humana, se realizó aporte critico en nuestro tema de investigación

3.10. Criterios de rigor Científico

La Visión por Computador es conocida también como Visión Artificial, encuadrándose dentro de un campo más amplio de la Inteligencia Artificial que es el de Percepción, por tanto, estaríamos hablando en este caso de Percepción Visual Artificial. La fuente de datos para la Visión por Computador la constituyen los sensores con capacidad para obtener imágenes de la escena tridimensional.

Existen multitud de sensores capaces de proporcionar las mencionadas imágenes, en este proyecto de investigación las imágenes obtenidas de diagnóstico médico de colonoscopia, se consiguen mediante un endoscopio que es un tubo flexible con una pequeña cámara de vídeo en la punta.

El propósito de la Visión por Computador consiste en desarrollar métodos y procedimientos en forma de algoritmos programables mediante un Computador con el fin de extraer la información necesaria de las imágenes. Algunos de tales métodos tienen que ver con el propio tratamiento de la señal, en el caso de las

imágenes bidimensional, hasta aplicaciones del tipo de reconocimiento y clasificación de objetos, detección del movimiento o reconstrucción de la escena tridimensional.

En este proyecto de investigación se aplican métodos para poder estudiar las características de clasificación de cardúmenes mediante procesamiento de imágenes digitales.

3.11. Evaluación económica del Software

Para calcular el costo del software se utilizó la modelo de Barry W. Boehm.

Donde,

RS = Responsabilidades del Sistema

Se considera la siguiente lista y son seis:

- a. Leer
- b. Recortar
- c. Suavizar
- d. Segmentar
- e. Extraer Características
- f. Clasificar

$$RS = 6$$

F = Funciones de Sistema:

$$F = 280 * RS$$

$$F = 1680$$

MF = Miles de Funciones

$$MF = \frac{F}{1000}$$

$$MF = \frac{1680}{1000}$$

$$MF = 1.68$$

ESF = Esfuerzo.

$$ESF = 2.4(MF)^{1.05}$$

$$ESF = 2.4(1.68)^{1.05}$$

$$ESF = 4.1379$$

TDES = Tiempo de Desarrollo

$$TDES = 2.5(ESF)^{0.38}$$

$$TDES = 2.5(4.13795714)^{0.38}$$

$$TDES = 4.29$$

CH = Cantidad de Hombres por MES

$$CH = ESF/TDES$$

$$CH = \frac{4.1379}{4.29}$$

$$CH = 0.9643, \text{Redondeando}$$

$$CH = 1$$

CHM = Costo Hombre por Mes

$$CHM = CH * SPM \text{ (Salario Promedio Mensual)}$$

$$CHM = 1 * 1500$$

$$CHM = S/. 1500$$

CD = Costo de Desarrollo

$$CD = ESF * CHM$$

$$CD = 4.138 * 1500$$

$$CD = \text{S/. 10345.00}$$

Por las características del proyecto, le corresponde los siguientes indicadores:

Indicadores	Modo	Pequeño
		2 MF
Esfuerzo	Orgánico	5.00
Productividad		400
Tiempo de Desarrollo		4.60
Personal		1.10

Distribución de esfuerzo y tiempo de desarrollo por etapas.

Indicador / Modo	Fases		2 MF
Esfuerzo			
Orgánico	Estudio Preliminar		6%
	Análisis		16%
	Diseño y Desarrollo		59%
		Diseño	23%
		Desarrollo	36%
	Prueba e Implantación		25%
Tiempo de Desarrollo			
Orgánico	Estudio Preliminar		10%
	Análisis		19%
	Diseño y Desarrollo		63%
	Prueba e Implantación		18%

Capítulo IV

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados

4.1 Pruebas Realizadas

En este apartado se muestran las pruebas realizadas al método propuesto basados en técnicas de Inteligencia Artificial para la clasificación de cardumen de anchoveta y jurel.

Se evalúa el método propuesto en esta investigación que permite la clasificación de cardumen de anchoveta y jurel utilizando como característica base su color.

Método: Clasificación de tipo de cardumen utilizando las características de color.

Aplicación desarrollada

En este proyecto se desarrolló una aplicación en el lenguaje de programación C++, utilizando como IDE Qt Creator 3.2.1 y la librería OpenCv 2.4.6., para poder implementar los métodos propuestos en el capítulo 5.

Equipo para la puesta a prueba de los métodos

Las características más importantes de la computadora donde se realizaron las pruebas, se detallan a continuación:

Sistema Operativo: Windows 8.1 Pro 64 Bits.

Memoria Ram: 16Gb.

Microprocesador: Intel corei7 4700MQ 2.40Ghz

GPU (Unidad de Procesamiento de Gráficos): NVIDIA 2GB

Indicadores

El método propuesto fue probado para poder medir y comparar los siguientes indicadores:

- Tiempo que tarda el método en procesar una secuencia de vídeo.
- Porcentaje de imágenes de cardumen de tipo anchoveta correctamente y erróneamente clasificados.
- Porcentaje de imágenes de cardumen de tipo jurel correctamente y erróneamente clasificados.
- Precisión final de cada método para la clasificación de anchoveta y jurel.

4.2 Resultados de las pruebas

4.2.1. Tiempo que tarda cada método en procesar una secuencia de imágenes.

Este indicador es el resultado del tiempo que tarda el método en procesar una a una las imágenes digitales donde se muestra los cardúmenes de anchoveta y jurel.

Para calcular el tiempo que tarda en procesar los vídeo, el algoritmo obtiene primero la hora de inicio (hora actual del sistema) en milisegundos y al final de procesarse el algoritmo capturamos la hora fin (hora actual del sistema), para después restar y obtener el tiempo en milisegundos que demora este método, mostrando al final el tiempo convertido a segundos.

Tiempo Procesamiento=Tiempo Final – Tiempo Inicial

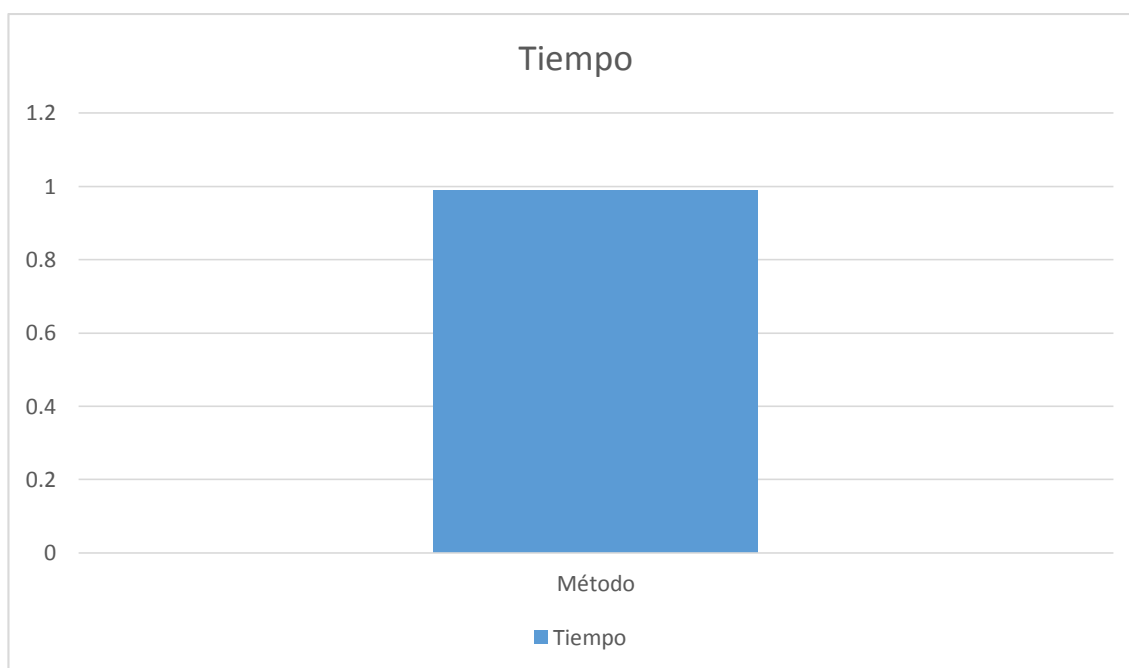
En la tabla (tabla 6) mostrada a continuación se detalla el tiempo promedio que demora el método de clasificación para poder evaluar las imágenes tomadas como muestra.

Tabla 1 Tiempo promedio que tarda el método de clasificación en procesar una secuencia de imágenes.

Promedio de tiempo procesamiento	
Método	Tiempo de Procesamiento (seg)
Método	0,099

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 1 Tiempo promedio que tarda cada el método en procesar una imagen



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Porcentaje de imágenes de tipo cardumen anchoveta correctamente y erróneamente clasificados.

El método propuesto, almacena en una carpeta todas las imágenes de anchoveta clasificadas, evaluando después con la ayuda de un experto si los sectores que representan anchoveta han sido correctamente clasificados.

La cantidad de imágenes (de cardumen de anchoveta) que se ha evaluado es 161:

Para hallar el porcentaje de precisión (asertividad) de nuestro método se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$P = \frac{|\#Taciertos \cap \#Tmuestras|}{|\#Tmuestras|}$$

El porcentaje de error es la diferencia para que el método alcance el 100% de precisión.

El Promedio del porcentaje de precisión y error del método para clasificar los cardúmenes de anchoveta se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2 Promedio de precisión y error de cada método para clasificar anchoveta.

Imágenes	Métodos	Clasificación de cardumen de anchoveta			
		Correctos	Incorrectos	Precisión	Error
161	Método	135	26	83,85%	16,15%

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Porcentaje de imágenes de tipo cardumen jurel correctamente y erróneamente clasificados.

El método propuesto, almacena en una carpeta todas las imágenes de jurel clasificadas, evaluando después con la ayuda de un experto si los sectores que representan anchoveta han sido correctamente clasificados.

La cantidad de imágenes (de cardumen de jurel) que se ha evaluado es 161.

Para hallar el porcentaje de precisión (asertividad) de nuestro método se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$P = \frac{|\#Taciertos \cap \#Tmuestras|}{|\#Tmuestras|}$$

El porcentaje de error es la diferencia para que el método alcance el 100% de precisión.

El Promedio del porcentaje de precisión y error del método para clasificar los cardúmenes de jurel se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 3 Promedio de precisión y error de cada método para clasificar jurel

Imágenes	Métodos	Clasificación de cardumen de jurel			
		Correctos	Incorrectos	Precisión	Error
161	Método	144	17	89,44%	10,56%

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Porcentaje de precisión final para la clasificación de imágenes de cardumen tipo anchoveta y jurel.

Determinamos la precisión final que obtuvo el método para clasificar de manera correcta las imágenes de cardumen, consideramos la precisión obtenida en la clasificación del cardumen de tipo jurel y la clasificación del cardumen de tipo anchoveta.

Utilizaremos la ecuación de precisión, que es la proporción de muestras correctamente diagnosticadas del total de muestras evaluadas.

$$P = \frac{|\#Taciertos \cap \#Tmuestras|}{|\#Tmuestras|}$$

Tabla 4 Promedio de Precisión final de nuestro método para la clasificación de cardumen.

Promedio Precisión final		
Imágenes	Método	Precisión
362	Método	86,65%

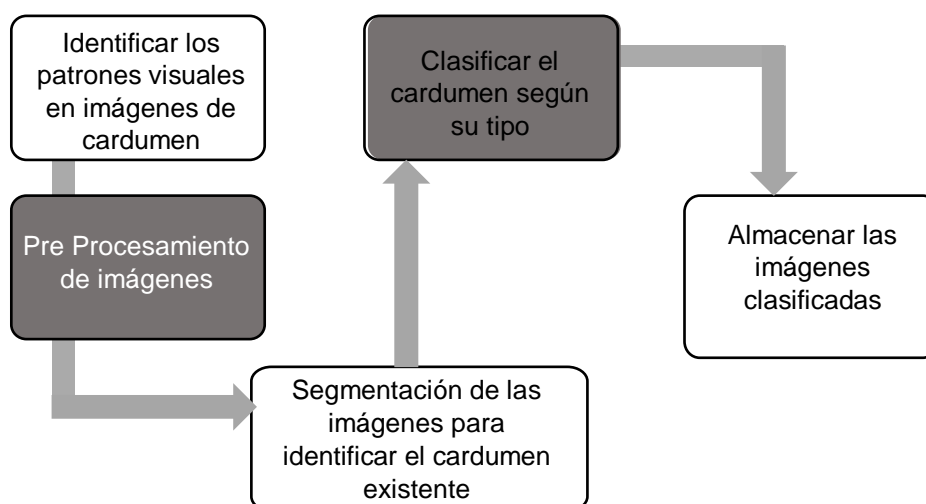
Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo V

Capítulo V: Propuesta de investigación

En este proyecto de investigación se ha implementado un método que permita procesar imágenes resultantes de equipo sonar de tipo SIMRAD SX90, después del procesado inicial de dichas imágenes se han extraído como característica principal de estudio su color, utilizando algoritmos de segmentación por color se ha logrado identificar en las imágenes 2 tipos de cardumen, la anchoveta donde prevalecen tonalidad de color rojo y el jurel muestra tonalidades de color verde.

Gráfico 2 Método de identificación de cardúmenes.



Fuente: Elaboración propia

5.1. Identificar los patrones visuales en imágenes de cardumen.

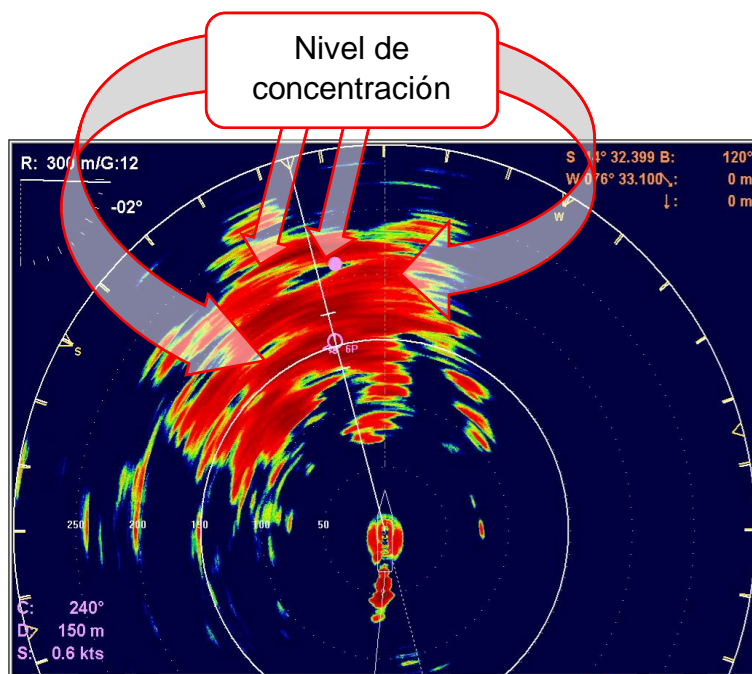
5.1.1 Anchoveta

a. Nivel de Concentración:

La anchoveta tiene hábitos altamente gregarios formando enormes y extensos cardúmenes (Imarpe), agrupándose por un mismo tamaño, cuya mayor concentración es definido por el color rojo oscuro como se puede apreciar en la imagen 1, lugar donde apuntan las flechas. A medida que la concentración es menor, se logra colores degradados, partiendo de un color rojo, hacia un color rojo poco intenso, pasando por un color amarillo, llegando al color verde y terminando con el color celeste.

Figura 6 Concetración de anchoveta.

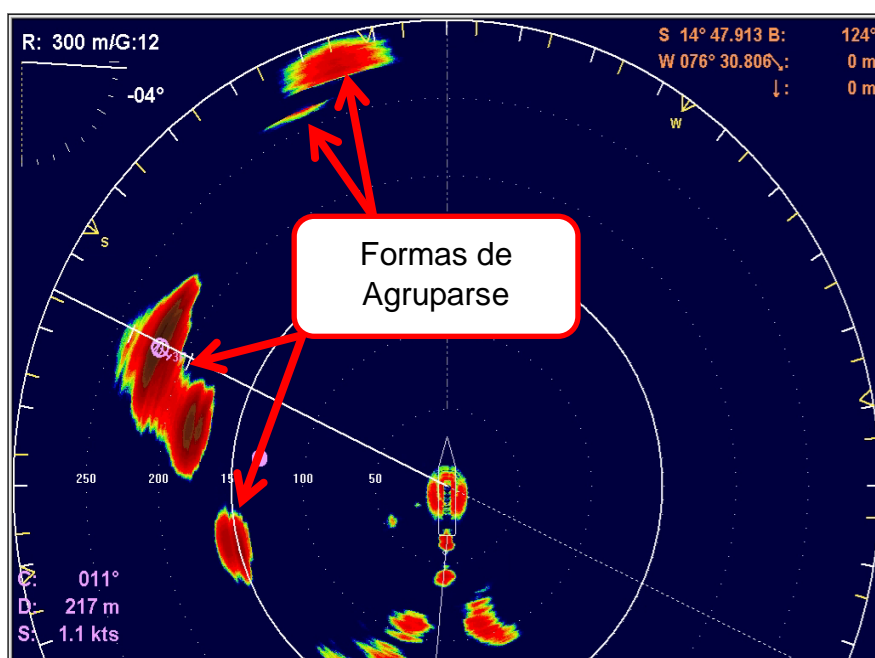
Fuente: IMARPE.



b. Formas de Agruparse:

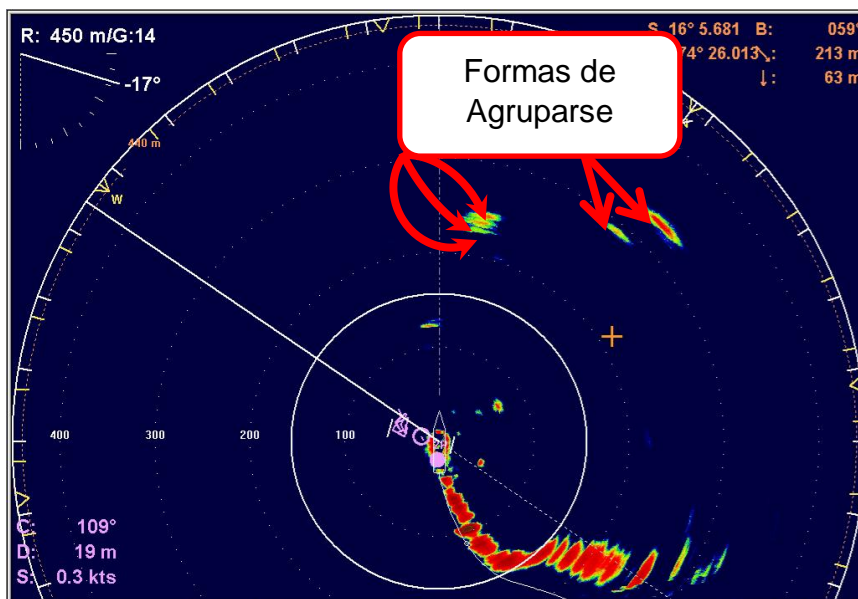
Las formas de agruparse difieren a la forma de concentrarse ya que presenta distancias muy cortas entre el grupo más pequeño y la concentración de mayor tamaño o del cardumen origen, por la misma condición de buscar siempre la gregación.

Figura 7 Forma de agruparse de la Anchoveta



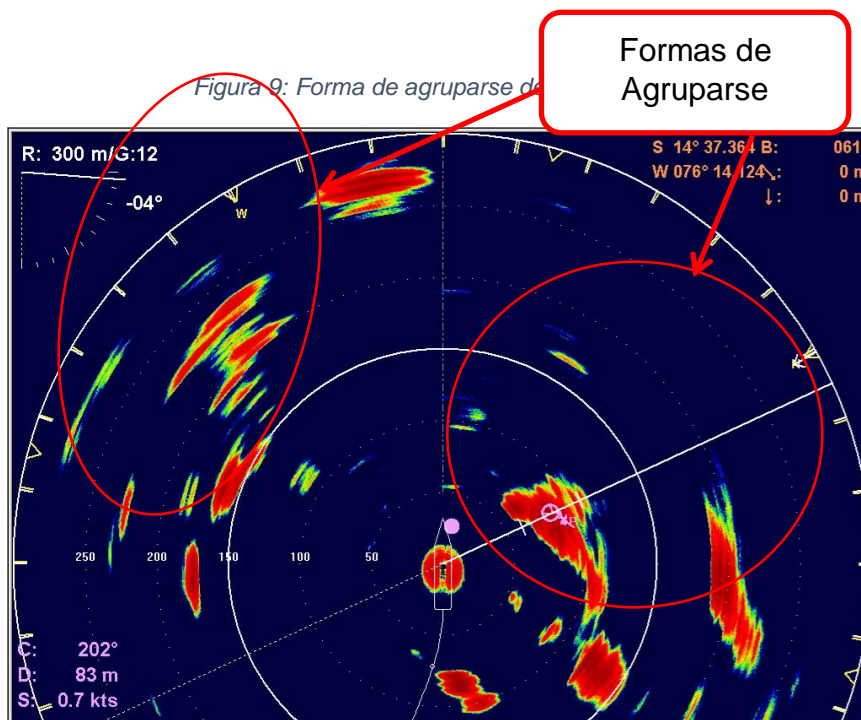
Fuente: IMARPE

Figura 8: Formas de Agruparse de la Anchoveta



Fuente: IMARPE

Figura 9: Forma de agruparse de



Fuente: IMARPE

5.1.2. Jurel

a. Nivel de Concentración:

El cardumen de Jurel, es muy similar a la de otras especies como por ejemplo la Caballa en su comportamiento a la hora de formar cardumen, ya que navegan por familias (Imarpe), por lo tanto su concentración es menor comparado con el cardumen de Anchoveta.

Figura 10 Nivel de Concentración del Jurel



Fuente IMARPE

b. Formas de Agruparse

Al igual que el cardumen de Anchoveta, son gregarios, no obstante “**se caracterizan por su alto grado de dispersión**” ([Imarpe](#))

Figura 11: Formas de agruparse del Jurel, por familias.



Fuente: IMARPE

5.2. Establecer un método de identificación del cardumen.

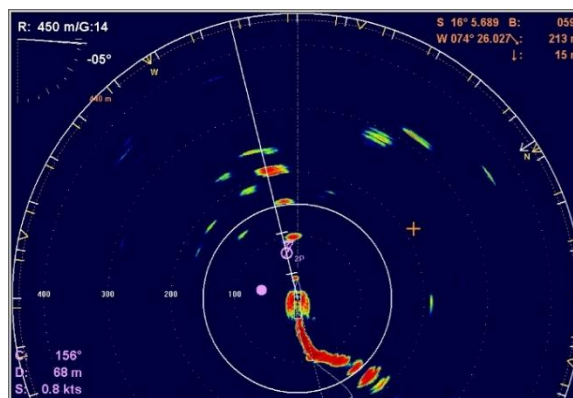
Habiendo analizado las imágenes de forma visual se observa, primero, que las formas de cada cardumen son iguales o muy similares en cuanto a tamaños pequeños diferenciándose por la forma de concentración, osea, por el color y segundo cuando son de gran tamaño las formas son irregulares, multiformas o amorfas, generando ruidos evitando generar un patrón característico por lo tanto solo queda diferenciar ambos cardúmenes por medio del color, que para el caso de anchoveta se toma el color rojo y jurel el color verde.

5.3. Procesar las imágenes

a. Entrada de la imagen

Este método inicia con la entrada de la imagen resultante del equipo SONAR al algoritmo desarrollado, el formato de entrada de la imagen es JPG.

Figura 11 Imagen procesada para identificar cardumen de anchoveta y jurel

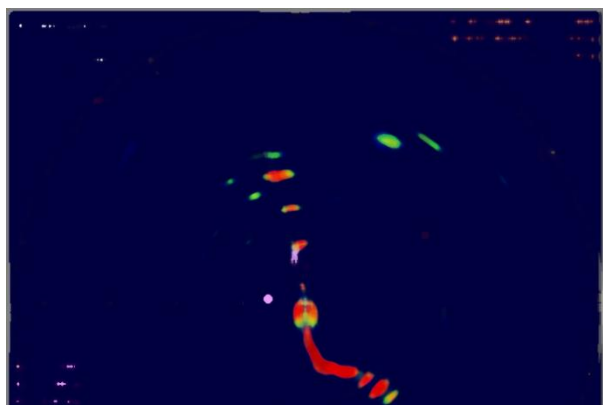


Fuente: IMARPE

b. Suavizado de la imagen

Previamente se aplicó el filtro de medianBlur para poder suavizar los pixeles de la imagen.

Imagen 12 Imagen procesada suavizada utilizada MedianBlur

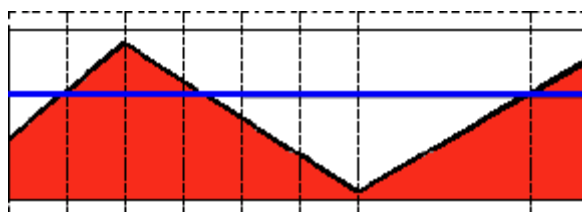


Fuente: IMARPE

c. Segmentación de las imágenes

Después utilizamos un método simple de segmentación de imagen por color resultante para esto utilizamos umbralización binaria, esta segmentación se basa en la variación de intensidad entre los píxeles que conforman el frame, es decir le asignamos un valor de 0 (negro) o 255 (blanco).

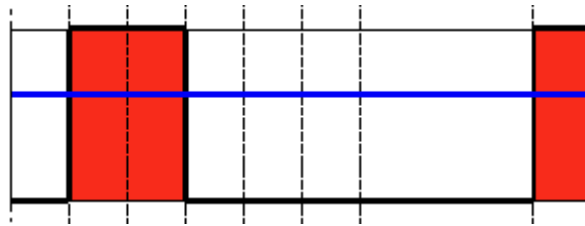
En un primer instante tenemos el frame de origen cuyos píxeles tienen un valor de intensidad normal $src(x,y)$, como se muestra en la ilustración siguiente, la línea azul horizontal representa el umbral $thresh(fijo)$.



Dado un píxel g en el frame en la posición (x,y) , la operación de umbralización binaria, se expresa como:

$$g(x,y) = \begin{cases} 255 \Leftrightarrow f(x,y) > T \\ 0 \Leftrightarrow f(x,y) \leq T \end{cases}$$

Por lo tanto, si la intensidad del píxel $src(x,y)$ es mayor que $thresh(t)$, a continuación, la nueva intensidad de los píxeles se establece en un valor máximo que en este caso es **255**. De lo contrario, los píxeles se establecen en **0**.



El frame a umbralizar (imagen resultante del equipo sonar) es una función de dos dimensiones

$$f(x,y) = G.$$

Donde G estará en el rango [0..255]. Los píxeles con valor de gris se representan como f_i y el número de píxeles como N. La probabilidad de ocurrencia será:

$$P_i = \frac{f}{N}$$

Como vamos a umbralizar el frame en dos niveles (binarización), tendremos dos clases, estará C1 con niveles de gris [1, ..., t]; y C2 [t+1, ..., 255].

$$C_1: \frac{P_1}{\omega_1(t)}, \dots, \frac{P_t}{\omega_1(t)}$$

$$C_2: \frac{P_{t+1}}{\omega_2(t)}, \frac{P_{t+2}}{\omega_2(t)}, \frac{P_{255}}{\omega_2(t)}$$

Donde:

$$\omega_1(t) = \sum_{i=1}^t P_i$$

$$\omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^{255} P_i$$

Y la media para la clase C1 y la clase C2 es:

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{i \cdot P_i}{\omega_1(t)}$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^{255} \frac{i \cdot P_i}{\omega_2(t)}$$

Como μ_T la intensidad media de todo el frame. Se determina que:

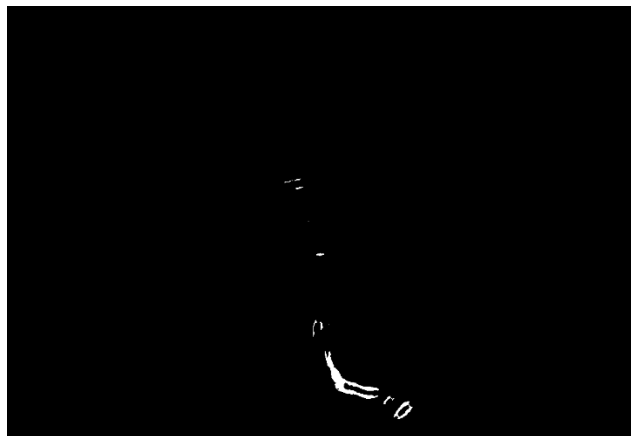
$$\omega_1 \cdot \mu_1 + \omega_2 \cdot \mu_2 = \mu_t$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1$$

Para obtener el valor de umbralización se probaron varias escalas de colores puesto que era conveniente determinar los sectores que contenían color rojo (Cardumen anchoveta) y los sectores de color verde (cardumen Jurel).

Para identificar los cardúmenes de anchoveta (color predominante rojo) de trabajo con la siguiente escala de color: **Scalar(52,42,220)**

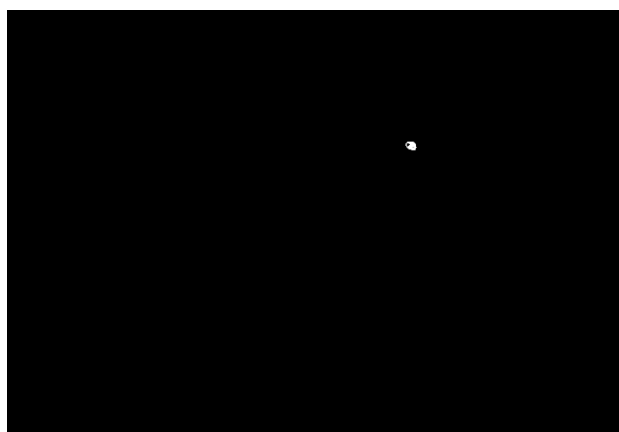
Imagen 13 Imagen procesada detectando cardumen de Anchoveta



Fuente: IMARPE

Para identificar las cadumenes de jurel (color predominante verde) de trabajo con la siguiente escala de color: **Scalar(47,174,174)**

Imagen 14 Imagen procesada detectando cardumen de Jurel

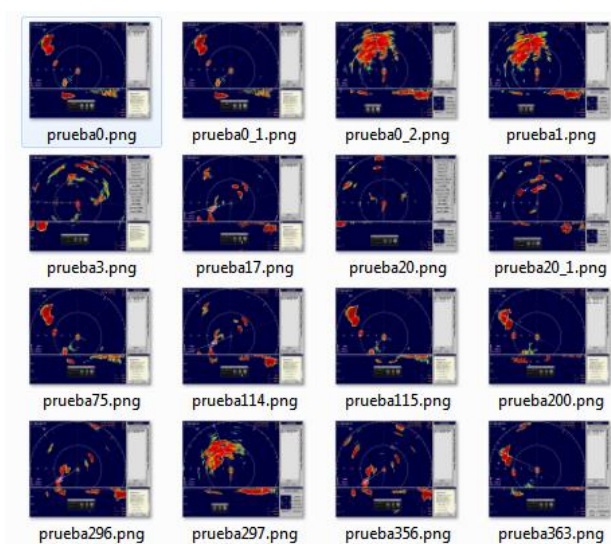


Fuente: IMARPE

d. Almacenando imágenes

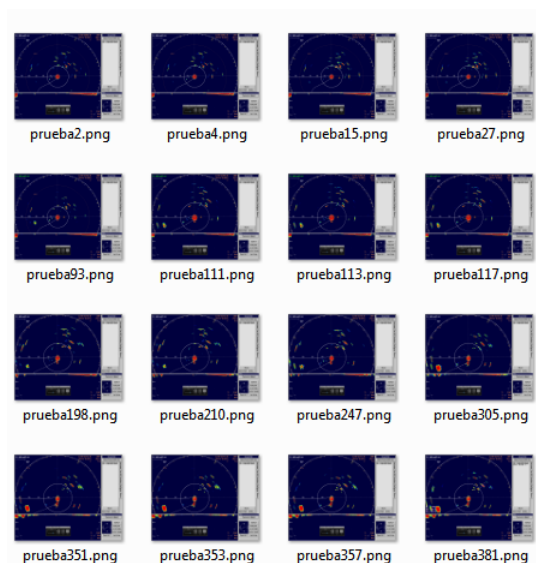
Para evaluar los resultados se almacenan las imágenes en dos carpetas distintas, una carpeta donde se almacenan los cardúmenes de anchovetas identificadas y otra carpeta para almacenar los cardúmenes de jurel identificados.

Imagen 15 Carpeta que muestra los cardúmenes de anchoveta clasificados



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 16 Carpeta que muestra los cardúmenes de jurel clasificados



Fuente: Elaboración propia.

5.4 Descripción del Sistema

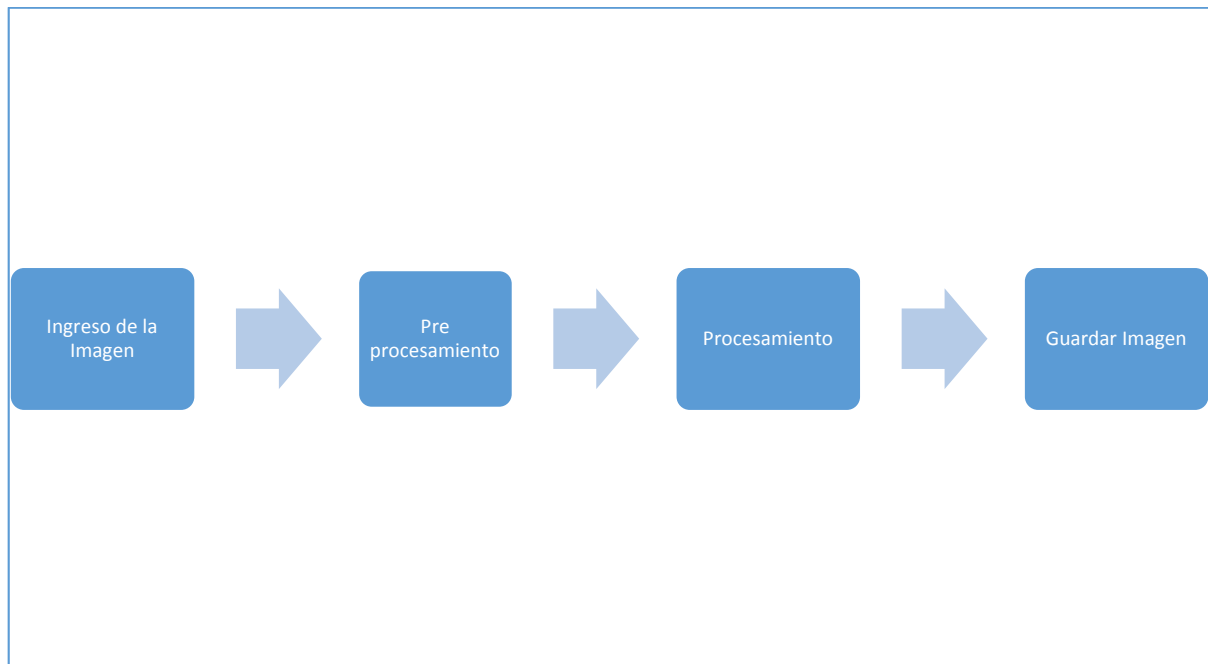
Para lograr el objetivo final, se recortó la imagen, se suavizó la imagen recortada utilizando el algoritmo Median Blur con la finalidad de limpiar los pixeles que pertenecen al sistema y representa ruido para el procesamiento, la imagen resultante se para por el algoritmo de dilatación como etapa previa a la aplicación del algoritmo K Means, y luego se pasa a binarios mediante el algoritmo OTSU como etapa final a la segmentación. Una vez segmentada la imagen se obtiene una imagen con ambas especies, luego se realiza una búsqueda de pixeles cuyo rango se a determinado por el análisis espacial de cada región, característica muy marcada para cada especie, ya que las regiones de pixeles de cada especie se encuentran muy lejos del back ground (Fondo Azul). Finalizando con una

imagen en binario para cada especie. La secuencia gráfica se puede apreciar en el anexo adjunto.

El sistema para detectar los tipos de cardumen, se implementó sobre la plataforma de win7, con librerías de OPEN CV y el IDE QT Creator, con el lenguaje de programación en C++, revisar Anexos.

Diagrama de Bloques:

Grafico 3: Diagrama de Bloques del Sistema para detectar tipos de cardumen



Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VI

Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- a. Los cardúmenes de anchoveta muestran tonalidades de color rojo en la imagen resultante del equipo sonar SIMRAD SX90, mientras los cardúmenes de jurel muestran manchas de tonalidad verde, cuando se traslapan ambas especies tanto jurel como anchoveta, no es posible realizar una correcta clasificación, especialmente cuando ambas especies tiene la misma forma de agruparse, diferenciándose solo por el color.
- b. Para establecer el método de identificación de tipos de cardumen, se descarta la forma y se sigue una secuencia la cual se muestra en capítulo V, grafico 2, se captura la imagen, se procesa, se segmenta, se clasifica y se guardan las imágenes según su clasificación, en el procesamiento de imágenes se aplicaron filtros de suavizado como el Blur, MedianBlur, GussianBlur y el BilateralFilter, siendo el MedianBlur el más eficiente y segmentación por color, evitando pasar por una conversión de escala de grises.
- c. Para establecer los patrones validos se requiere de la experiencia en la forma de comportamiento de navegación de cada especie y la lectura de este comportamiento en las imágenes del equipo sonar, habilidades desarrolladas de forma empírica y documentada por una autoridad en estudios marinos, que para este informe se ha obtenido del Instituto del Mar Peruano IMARPE, solo se ha logrado obtener solo de 2 especies, las cuales se reflejan en las imágenes, corroborando los informes técnicos con las imágenes.

d. Para desarrollar la herramienta computacional, se evaluaron diferentes IDES como el IDE propietario de Microsoft, Visual Studio 2013, el IDE NetBeans, JAVA, y el IDE QT Creator con C++, siendo este último el más flexible en implementar los algoritmos dado su sencillez y su versatilidad de cambiar a otras plataformas como este caso de un modo desktop a un modo móvil evitando complejidades de migración.

e. Aplicando técnicas de segmentación de imágenes por color se pueden clasificar correctamente los cardúmenes de anchoveta en un 83,8% de precisión y los cardúmenes de jurel en un 89,48%, el algoritmo de suavizado MedianBlur es el algoritmo más eficiente para el suavizado de imágenes que permite la correcta clasificación de cardúmenes del tipo anchoveta y jurel.

f. Al evaluar el costo económico, se puede observar la importancia de afianzar y aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera y demostrar que es posible generar rentabilidad económica partiendo de la investigación y concluyendo con un producto final basado en un software.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda continuar con la presente investigación en el campo marino en donde existen muchas posibilidades de aplicar el conocimiento científico del área computacional, en reconocimiento de imágenes. En el presente trabajo se abordan solo dos especies, pudiendo analizar otras especies más.

Recomendando a los futuros investigadores que previamente se deben recortar las imágenes para incluir solamente las partes donde se muestran las manchas de los cardúmenes, excluyendo las imágenes propias del equipo. (letras, coordenadas, etc).

.

Referencias

- Albán, O. A. (s.f.). *INTRODUCCIÓN AL QT Y AL QT CREATOR*. Colombia: Universidad de CAUCA.
- Ariel Cabreira, A. M. (2007). *Caracterización hidroacústica de los cardúmenes del stock bonaerense de anchoita (Engraulis anchoita)*. Pesquerías pelágicas y ambiente marino. INIDEP.
- Drápela, R. L. (Agosto de 2006). *Instrumental del Navegación*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2014, de Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada: http://www.shoa.cl/Vaul/Programas/Cartilla_Instrumental_Navegacion_2006_General.pdf
- Duiops.net. (2009). *Duiops*. Obtenido de <http://www.duiops.net/seresvivos/clupeidos.html>
- Esqueda, J. y. (2005). Baja california, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- FAO. (1990). *Aplicación de la tecnología de percepción remota a las pesquerías marinas*. Recuperado el 30 de 11 de 2014, de Depósito de documentos de la FAO, FAO documento tecnico de pesca 295: <http://www.fao.org/docrep/003/T0355S/T0355S00.HTM>
- Gil-Kodaka, D. P. (17 de Noviembre de 2004). *Mi Web*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~pgil/clase%20perspectivas.pdf>
- Janardhanan Sundaresan, K. S. (2013). *Geospatial Technologies and Climate Change*. New Delhi, India: Springer.
- Juan Villegas Cortez, Y. P. (09 de Mayo de 2014). Implementación de un sistema de reconocimiento de imágenes por contenido usando algoritmos genéticos. Azcapotzalco, D.F., México: Research in Computing Science.
- Liera, I. C. (24 de Mayo de 2013). *1er Congreso Internacional de robótica y computación*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2014, de Boulevard Forjadores de Baja California Sur No.4720 Apdo. Postal 43-B, C.P. 23080 La Paz, B.C.S., México: <http://posgrado.itlp.edu.mx/CIRC2013/>
- MINISTERIO DE LA PRODUCCION. (Febrero de 2010). Plan Nacional. *Plan Nacional para el Desarrollo de la Pesca Artesanal*. Lima.
- Ministerio de la Producción, I. d. (29 de Octubre de 2012). Situación actual del Stock Norte-Centro de la Anchoveta Peruana y Perspectivas de explotación para el periodo Mayo - Julio 2013. Lima, Lima, Perú.
- Molina, M. P. (13 de Febrero de 2009). *IMATEC*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2014, de Imatec :técnica de análisis de imagenes fijas y laboratorio,



metodología de análisis documental de contenido:
<http://www.mariapinto.es/imatec/metodologia.htm>

Patrice Brehmer, F. G. (Año 2005). *Comportamiento dinámico y reacción de evitamiento en cardúmenes de peces pelágicos ante el estímulo del buque de prospección acústica, observados a través de un sonar multihaz*. Caracas: Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales.

Pérez, J. M. (2010). *Página personal de José Muñoz Pérez*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2014, de <http://www.lcc.uma.es/~munozp/>

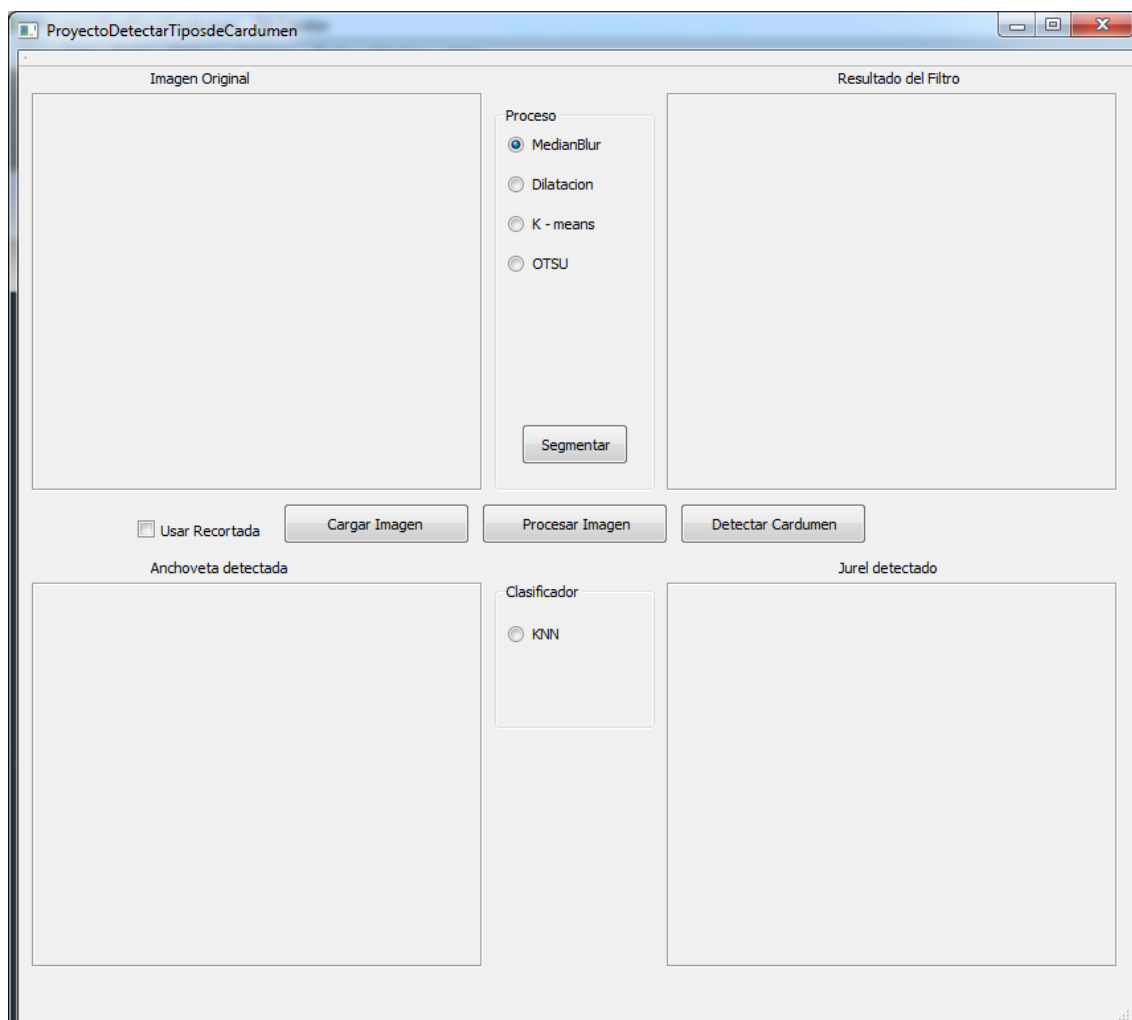
Real Academia Española. (2014). *Real Academia Española. Diccionario Usual*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2014, de Real Academia Española © Todos los derechos reservados: <http://lema.rae.es/drae/>

Tecnológica, D. G. (24 de Mayo de 2013). CIRC 2013. *1er Congreso Internacional De Robótica Y Computación*. La Paz, Baja California Sur, México.

Vélez, N. J., Erazo, J. H., & Loaiza, H. (2009). *Sistema de clasificación de imágenes basado en técnicas de reconocimiento de patrones aplicado en termografía y robótica*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2014, de <http://www.redalyc.org>: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47812225005>

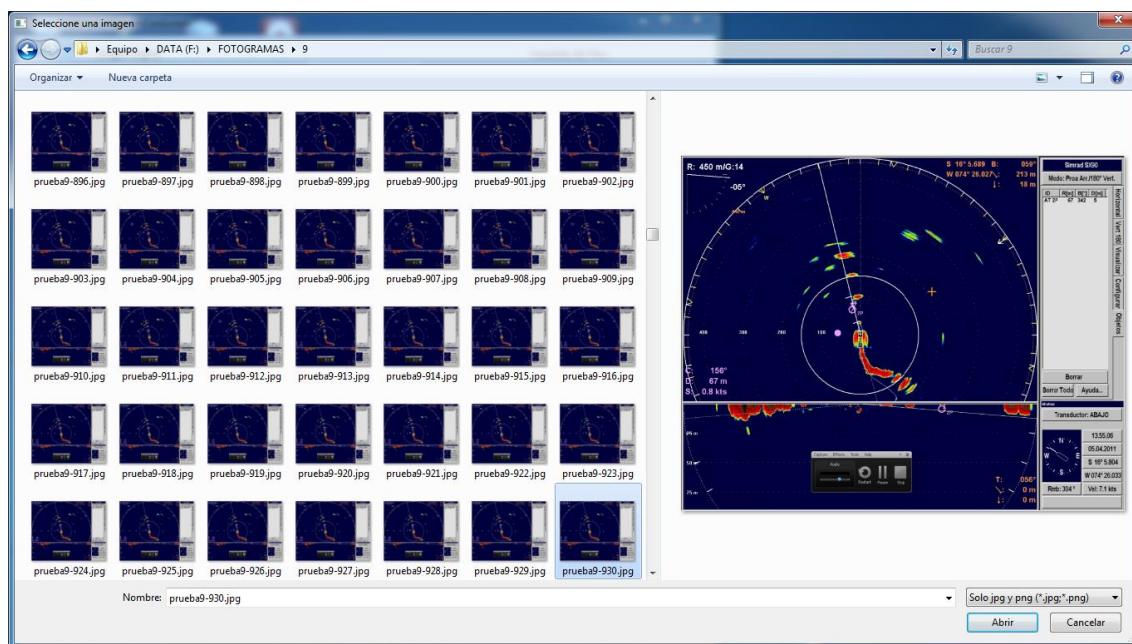
Anexos

Interface de aplicación para la detección de tipos de cardumen.



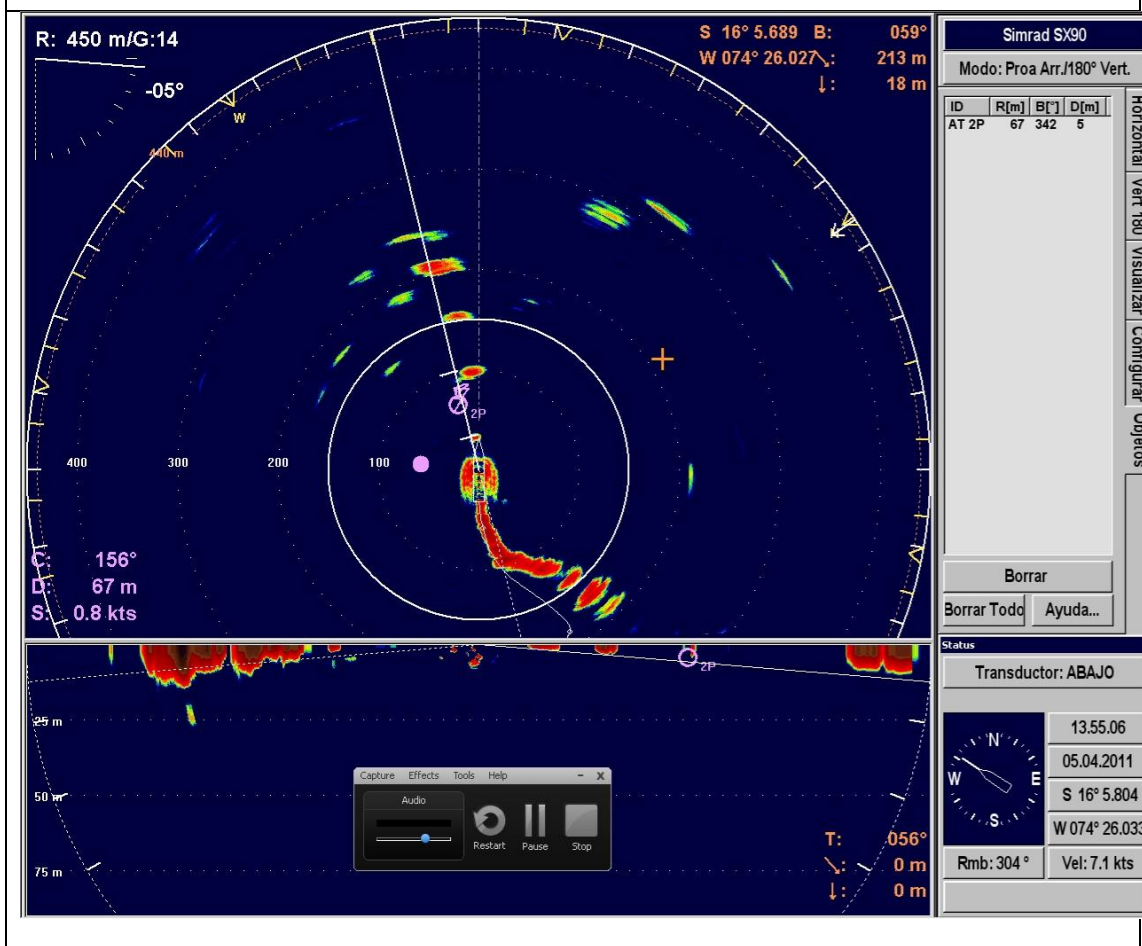
Elaboración Propia

Selección del archivo en formato JPG



Formato de la imagen de entrada al Sistema:

Imagen típica.



Elaboración propia

Especificaciones:

Nombre del archivo: prueba9-930.jpg

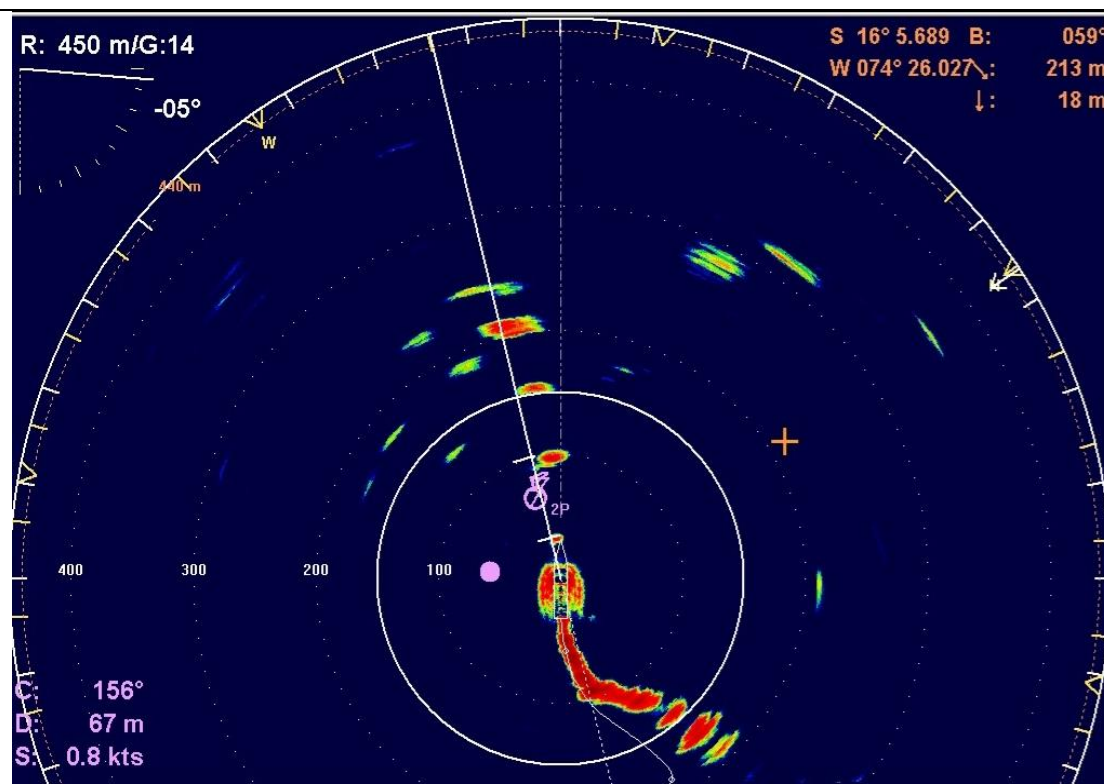
Formato: JPG

Dimensiones: 1280 x 1024 (Ancho por Altura)

Tamaño: 280 KB

Formato de la imagen recortada de pre procesamiento:

Imagen típica.



Elaboración propia

Especificaciones:

Nombre del archivo: prueba9-930_cut.jpg

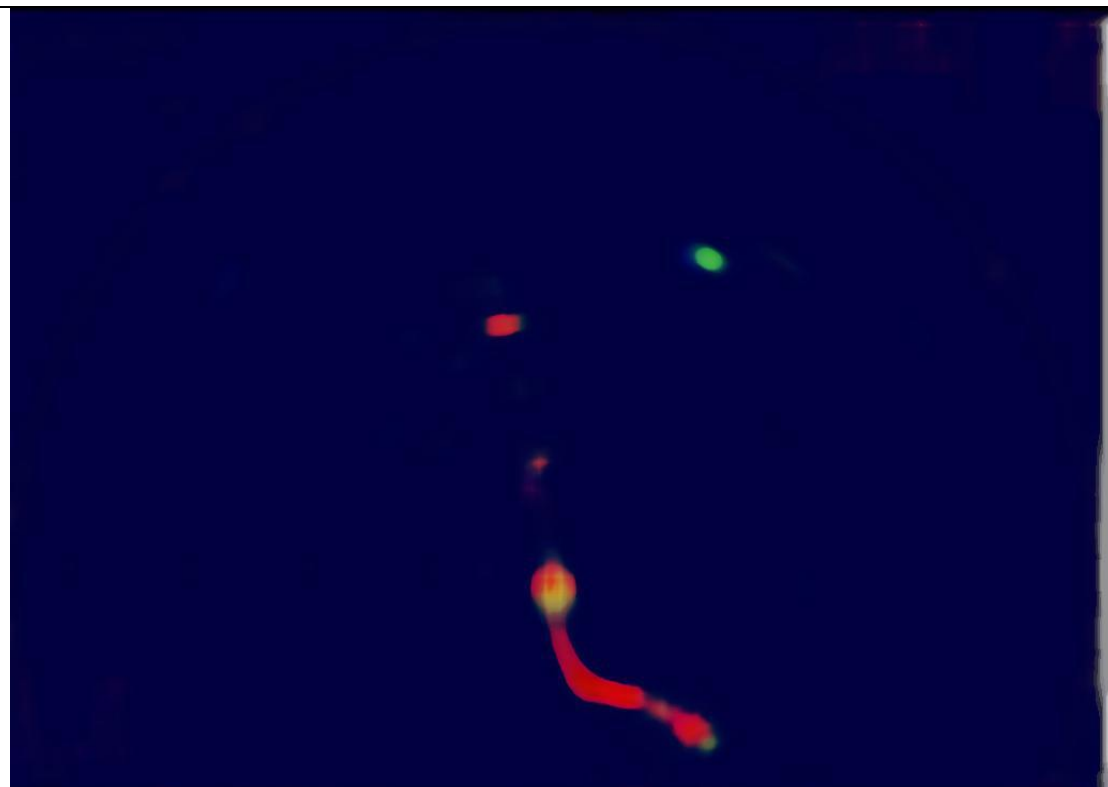
Formato: JPG

Dimensiones: 1005 x 700 (Ancho por Altura)

Tamaño: 137 KB

Formato de la imagen pre procesada con algoritmo MedianBlur:

Imagen típica.



Elaboración propia

Especificaciones:

Nombre del archivo: prueba9-930_MDblur.jpg

Formato: JPG

Dimensiones: 1005 x 700 (Ancho por Altura)

Tamaño: 25.4 KB

Valores de los canales RGB tanto para los tonos de rojo como para verde.

Valores optimos de los canales RGB para la identificación y selección de tipo de cardumen.

Para Anchoveta:

Valores bajos	Valores altos
R=37, G=7, B=0	R=255, G=61, B=62

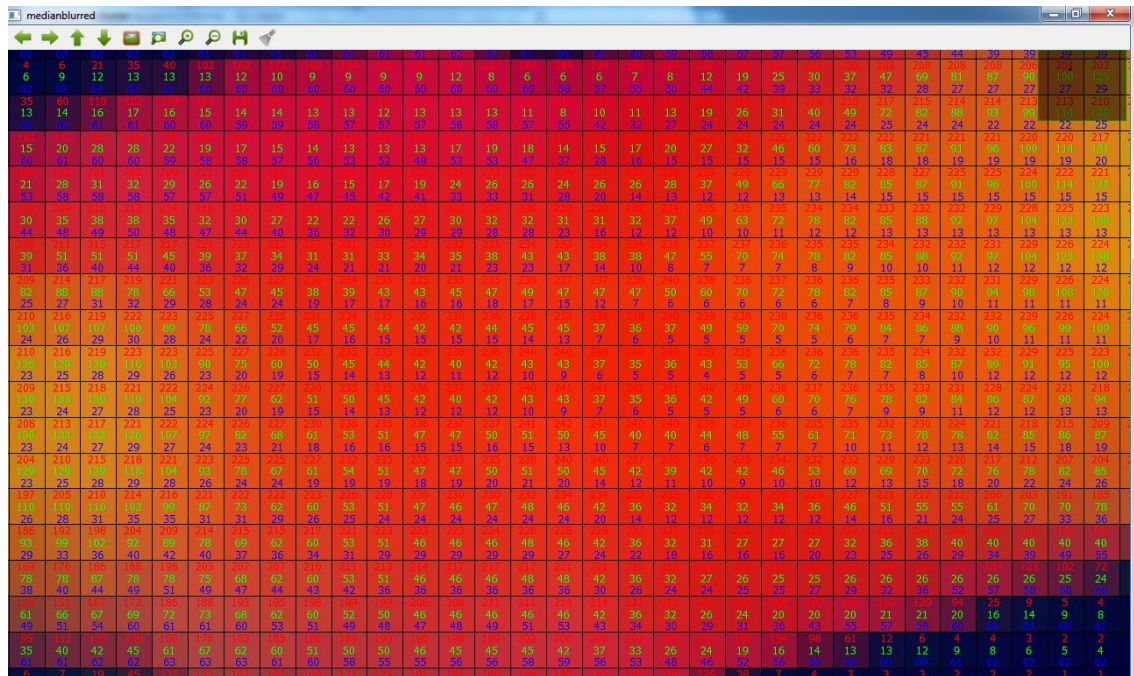
Para Jurel:

Valores bajos	Valores altos
R=7, G=11, B=74	R=70, G=216, B=79

Comportamiento del fondo (Back Ground Azúl):

Valores bajos	Valores altos
R=4, G=7, B=62	R=11, G=49, B=80

Ilustración 7 Valores en RGB para pixeles que definen el color rojo.



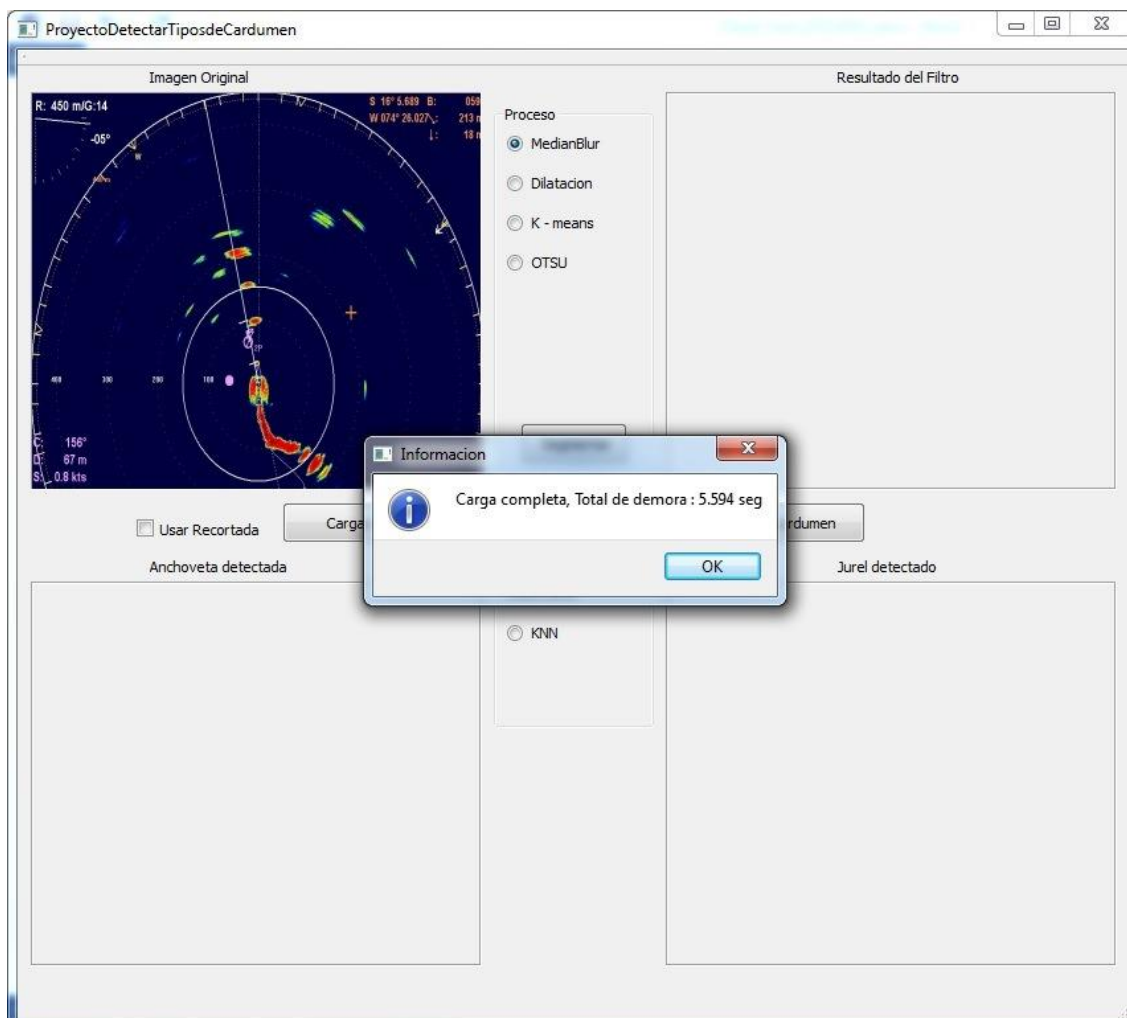
Elaboración Propia

Valores en RGB para pixeles que definen el color verde.

62	63	63	63	63	63	63	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	14	19	19	29	22	14	7
0	0	1	1	1	1	2	2	3	6	9	31	42	66	77	137	137	82	54	42
63	63	63	63	62	62	62	62	62	61	61	61	62	63	63	64	65	67	69	74
1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	6	70	89	80	65	61	50	48	38	10
1	1	1	2	2	3	7	12	38	53	59	60	61	62	63	65	66	69	73	79
63	63	63	62	62	62	61	61	60	60	59	60	61	62	63	65	66	69	73	79
1	1	1	1	1	2	3	7	107	121	120	118	112	105	89	67	65	50	38	19
1	1	2	3	6	12	35	54	100	196	207	208	206	201	196	196	196	196	196	196
64	64	63	63	62	62	60	60	59	58	58	58	59	61	64	66	68	72	76	82
1	1	1	1	2	5	67	108	120	123	123	120	117	110	104	84	75	65	45	29
2	2	3	8	34	54	100	196	200	212	218	218	213	208	200	195	195	195	195	195
64	64	64	64	62	62	60	60	58	57	57	56	58	58	63	67	71	74	81	84
1	1	1	3	28	67	109	118	123	124	124	123	120	115	109	102	80	67	48	33
2	5	19	39	133	188	192	207	213	220	221	220	220	218	210	198	195	195	195	195
64	65	64	64	63	62	61	60	60	57	56	56	58	61	66	69	72	76	81	84
1	2	5	41	58	83	112	120	123	124	124	123	120	115	110	104	80	65	44	20
7	29	53	148	188	188	198	210	213	220	221	221	220	218	210	200	194	195	195	194
65	65	65	65	64	63	62	61	61	57	57	57	61	65	69	72	74	77	81	85
1	3	6	46	61	91	112	120	123	124	124	123	120	115	110	104	80	61	34	9
28	54	75	133	188	188	200	210	213	220	221	221	220	218	210	200	194	195	195	194
68	68	67	67	66	65	64	62	62	60	60	58	64	67	69	72	73	75	77	81
1	3	28	51	66	91	112	120	123	124	124	123	120	113	106	91	70	43	19	5
42	58	133	188	188	188	200	210	213	220	221	220	218	210	203	196	195	195	195	195
73	72	70	70	69	67	65	64	64	61	61	58	65	66	68	69	71	72	73	75
3	4	33	52	66	83	109	118	122	123	123	120	112	105	91	70	45	20	5	2
49	66	131	188	188	188	198	207	212	215	218	213	208	203	196	195	195	195	195	195
79	79	76	75	71	69	68	67	66	65	65	62	65	66	68	69	69	72	72	73
3	5	33	51	61	74	100	112	118	120	118	109	94	80	61	38	19	5	2	1
49	66	131	188	188	188	198	206	210	210	203	196	193	193	193	195	60	31	14	6
83	82	79	77	75	70	69	68	66	65	65	65	66	66	67	68	68	69	71	71
3	5	27	48	55	67	74	91	104	104	93	80	61	44	19	8	4	3	2	1
47	58	126	188	188	188	198	207	212	215	218	213	208	203	196	195	195	195	195	195
86	84	80	77	75	70	68	66	65	64	65	64	65	65	66	66	68	68	68	67
3	4	6	35	46	56	66	66	67	67	65	62	46	19	7	5	3	2	1	1
36	54	73	133	188	188	200	210	213	220	221	221	220	218	210	200	194	195	195	195
85	84	80	78	75	69	67	64	64	64	64	64	64	64	64	65	65	66	66	65
3	3	4	6	25	35	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
39	46	57	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72

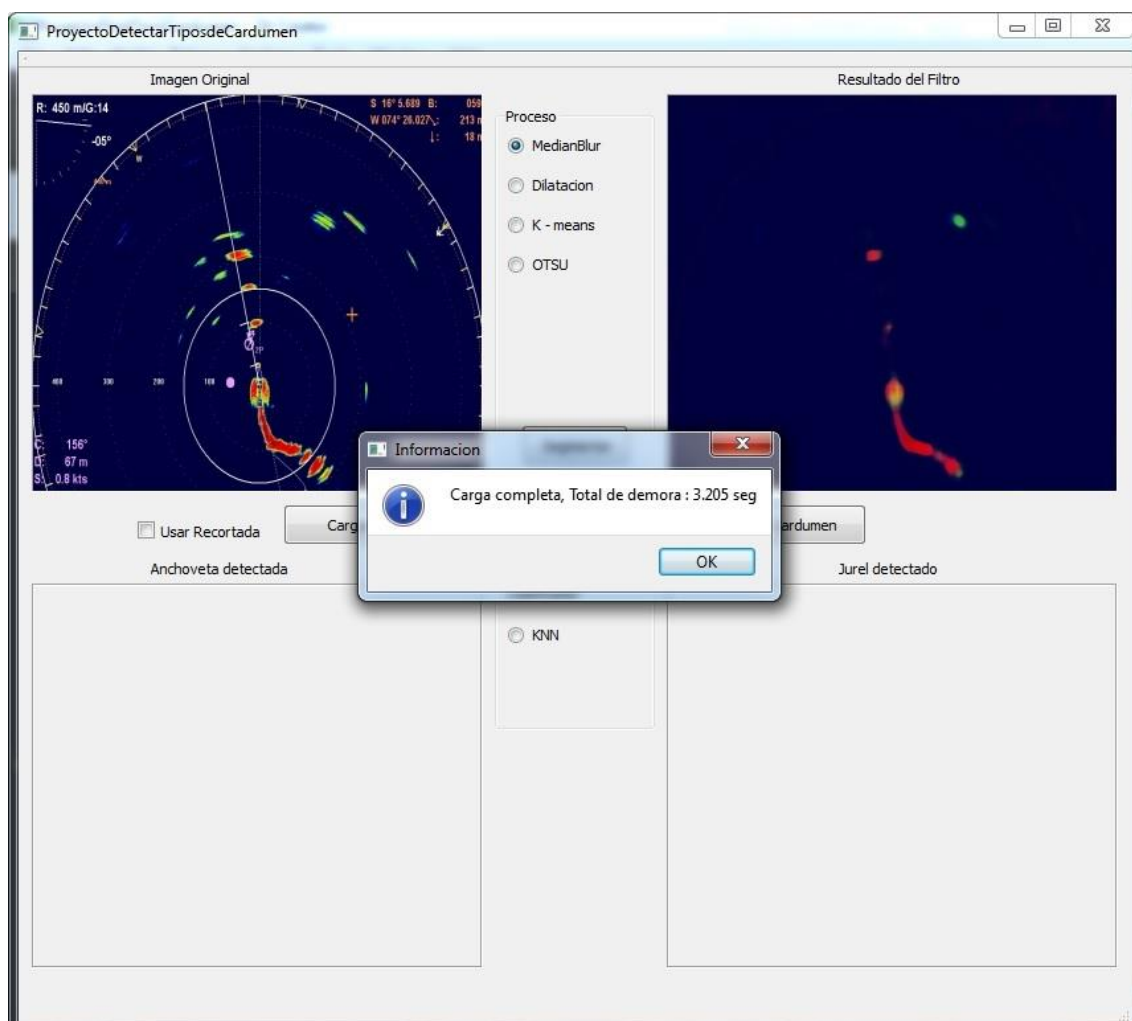
Elaboración Propia

Indicador del tiempo de carga del archivo al sistema



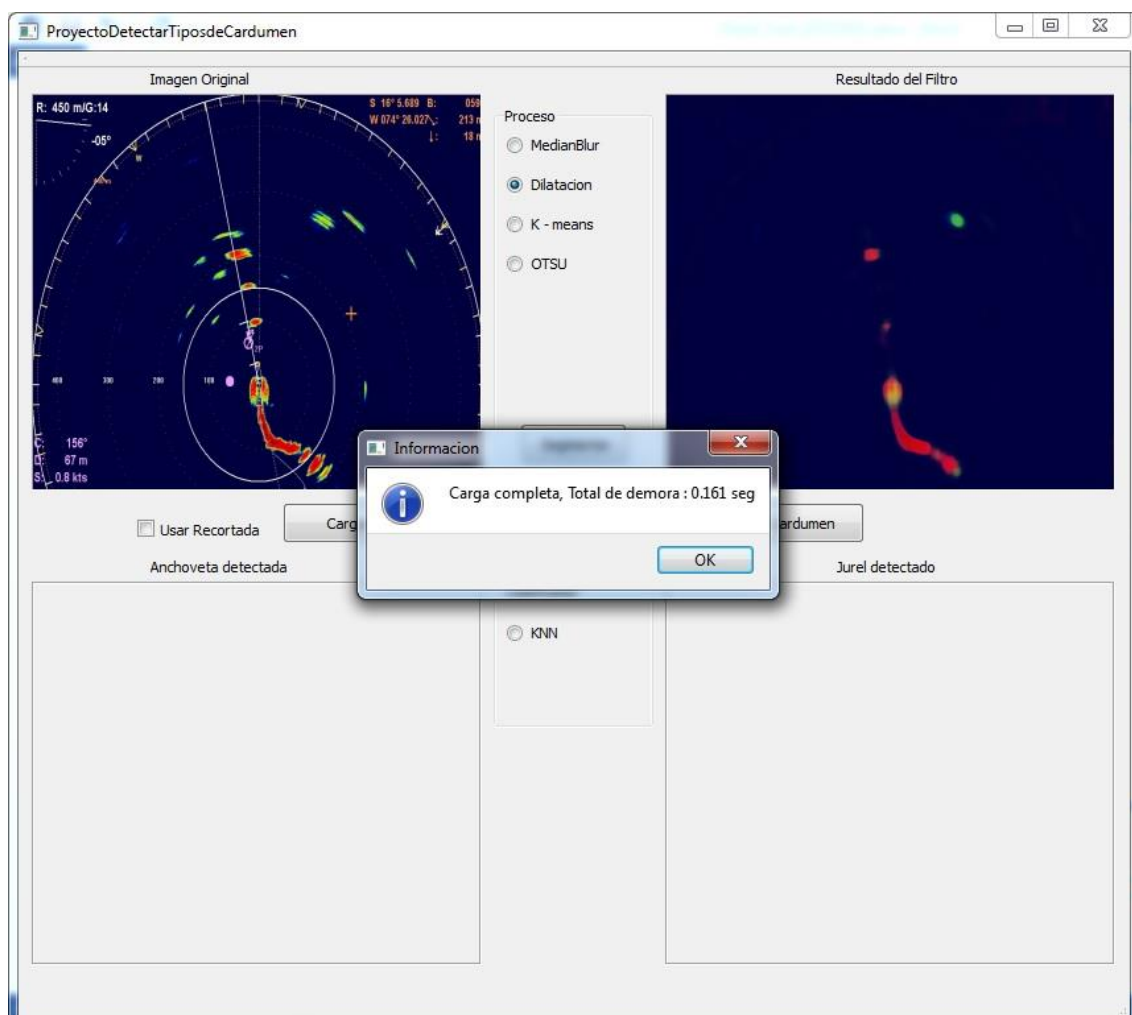
Elaboración propia

Procesar la imagen aplicando Median Blur



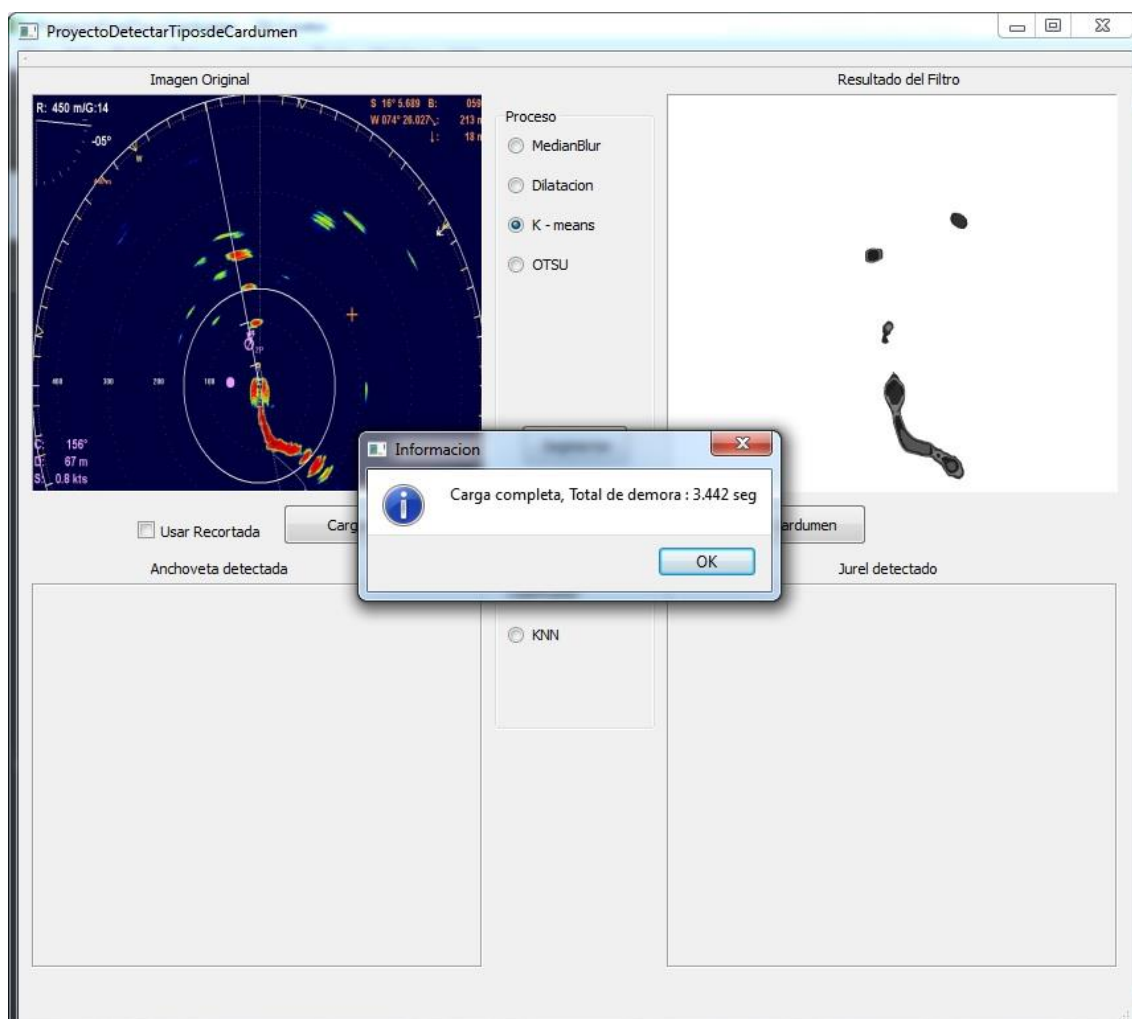
Elaboración propia

Aplicando Dilatación



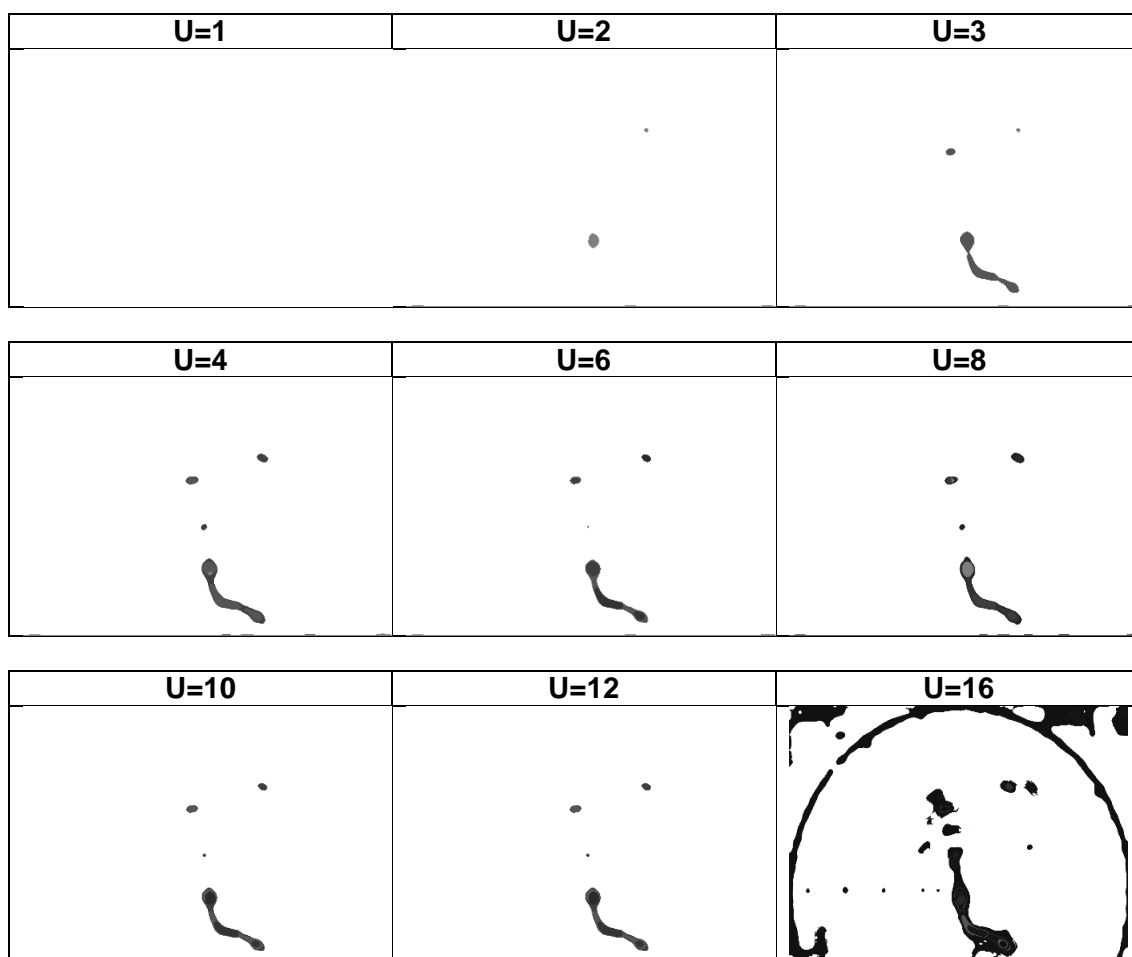
Elaboración Propia.

Aplicando K Means



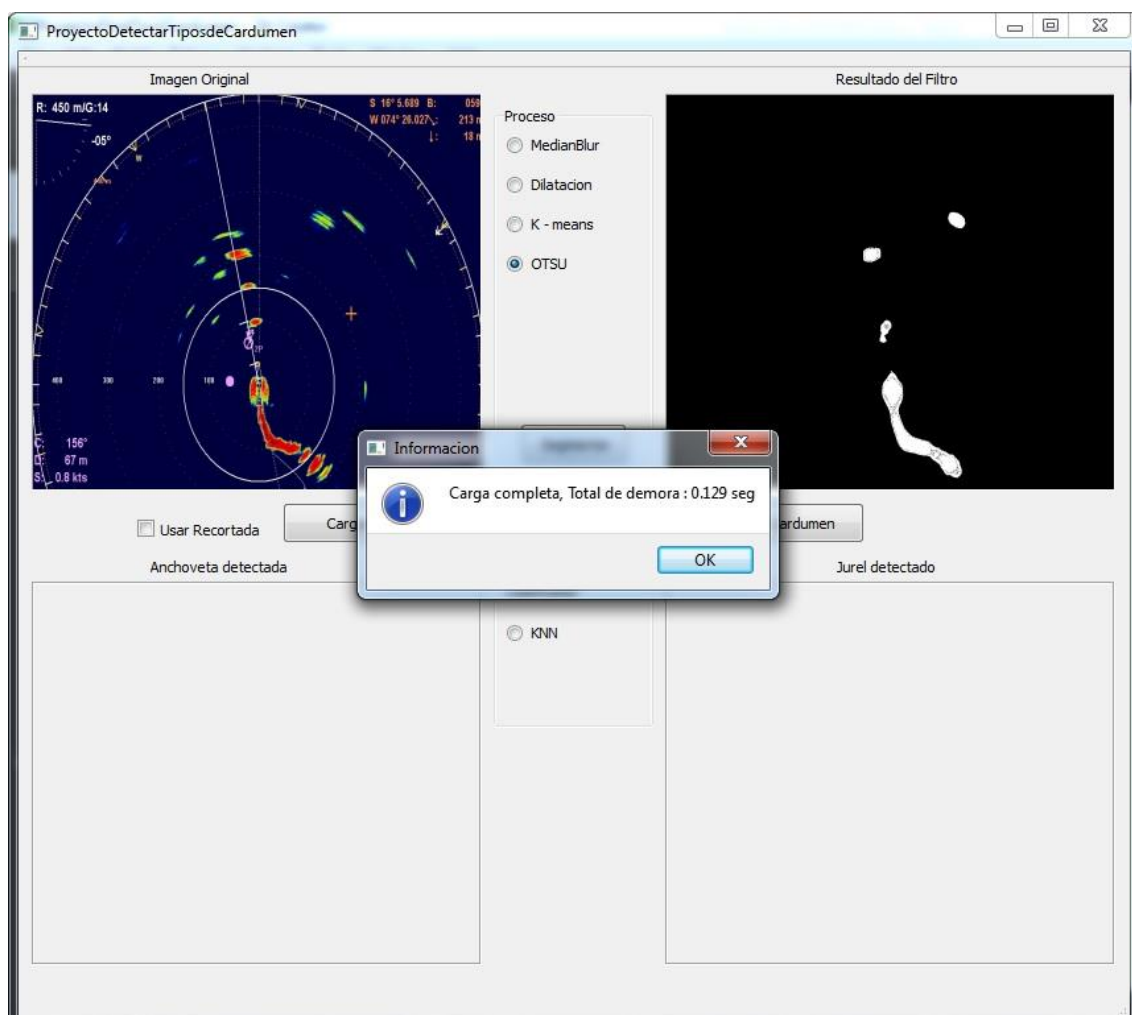
Elaboración Propia

Figuras segmentadas por K Means y sus resultados con su respectivo umbral



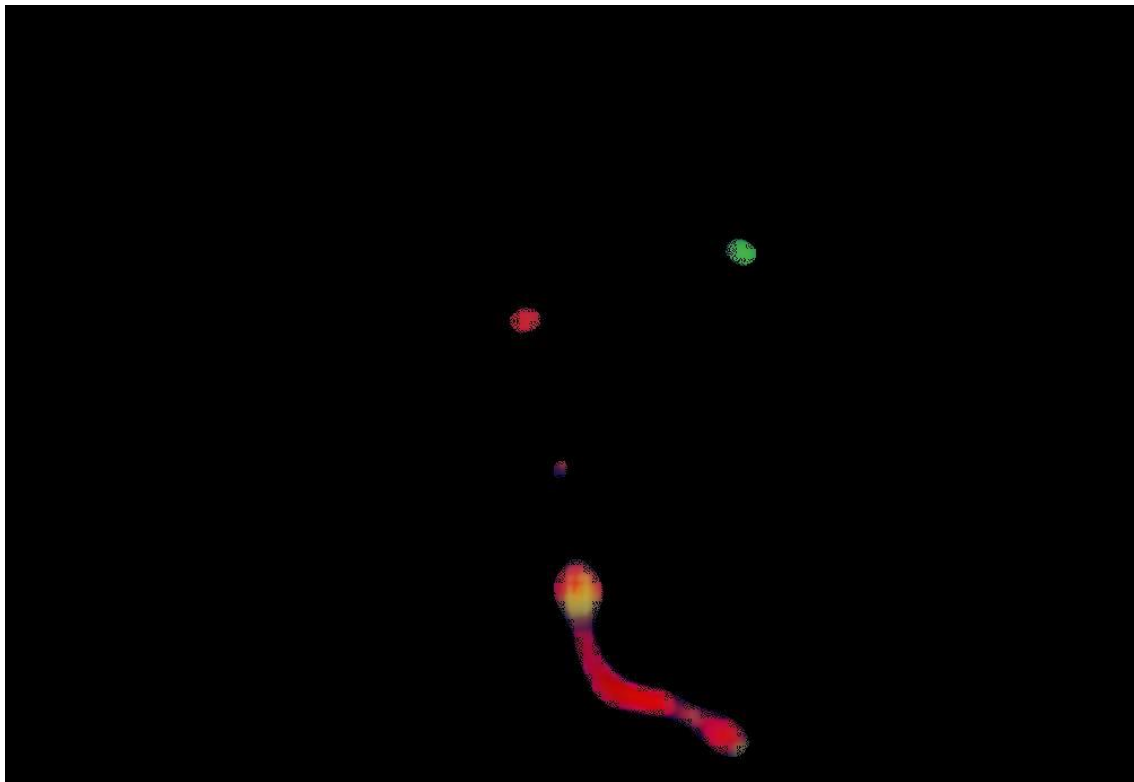
Elaboración propia

Aplicando OTSU y Segmentando



Elaboración propia.

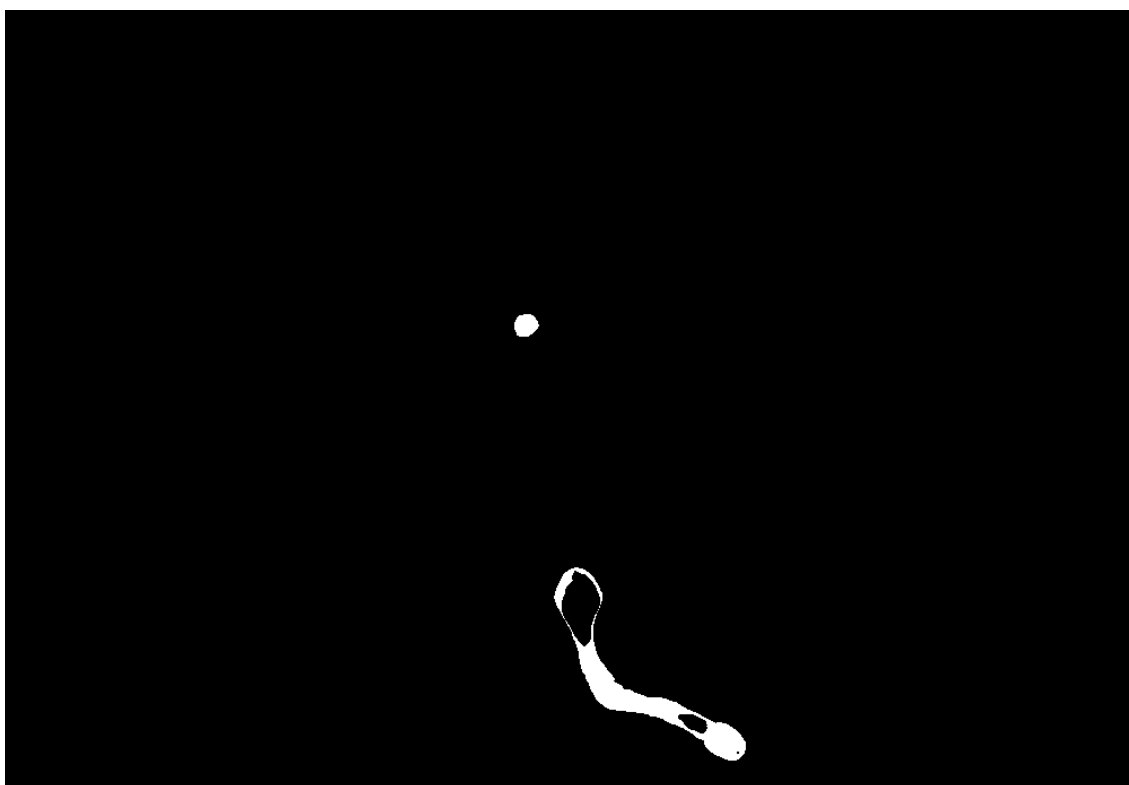
Aplicando OTSU y Segmentando, imagen en color resultante.



Elaboración propia.

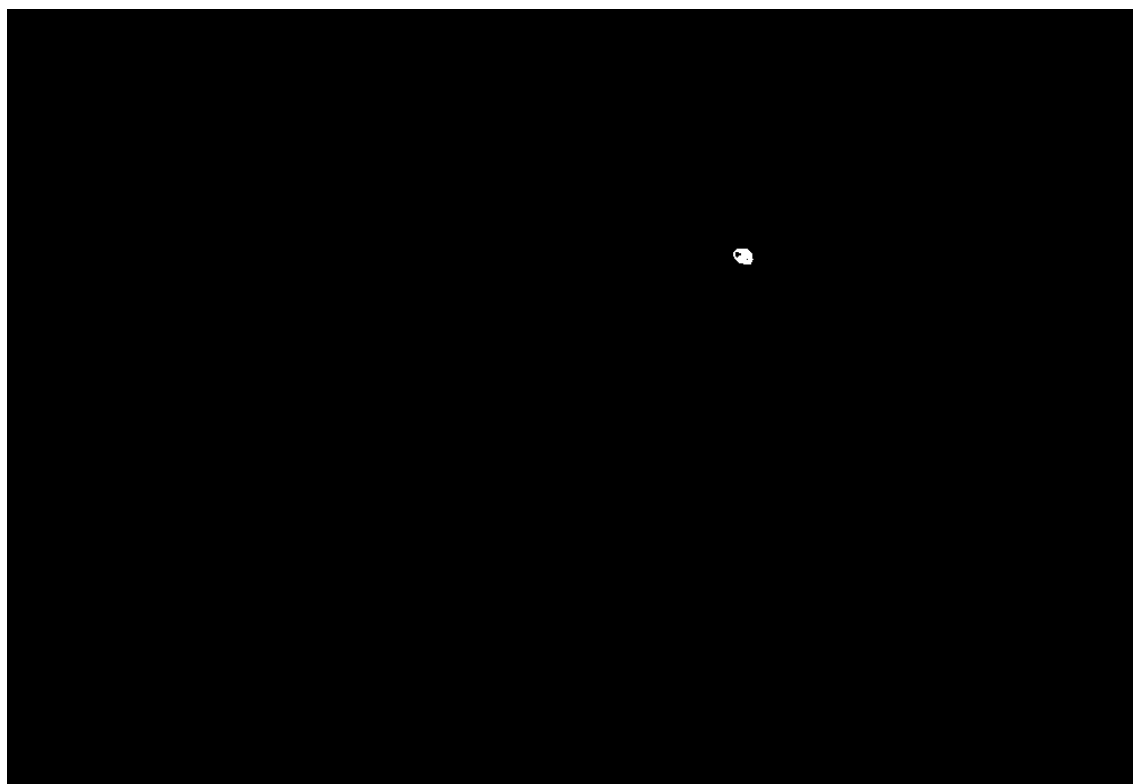
Extrayendo Características y Clasificando como imágenes de salida del sistema

Anchoveta



Elaboración propia.

Jurel



Elaboración propia.