

FOTOIDENTIFICACION DE INDIVIDUOS DE BALLENAS JOROBADAS MEDIANTE PATRONES DE SU ALETA CAUDAL

Hernán Ricardo Borbón,
*Facultad de Ingeniería
Electrónica,
Univ. Distrital F.J.C.,
Cód. 9920613
dc_hernan@hotmail.com
Bogotá, Colombia*

Felipe Alejandro Rincón,
*Facultad de Ingeniería
Electrónica,
Univ. Distrital F.J.C.,
Cód. 20001005123
felipe.alejandro@gmail.com
Bogotá, Colombia*

ABSTRACT

This paper describes current work on a photo-id system for humpback whales developed for *Fundación Yubarta de Colombia*.

Individuals of this species can be identified by the light and dark pigmentation patches on their tails and natural marks and scars.

This is very important to biologists who need to compare each new image to big catalogue of photographs of sighting.

An interface assists the user in extract the tail from the sea and by using 3 points creates an invariant coordinate grid.

A feature vector capturing the patch-distribution with respect to the grid and match the individual in a database of similarly processed images.

1. INTRODUCCION

El estudio de los mamíferos marinos representa un componente importante en la investigación ecológica del océano, ya que conforman la parte más alta de la cadena trófica (Kelly, 1983); por ejemplo, algunas de estas especies han sido consideradas como bioindicadores ya que, debido a su fisiología y gran longevidad, pueden acumular contaminantes persistentes en el medio acuático (Aguilar y Borrell, 1991). Al ser animales con amplia distribución y alta capacidad de movimiento, el estudio de sus relaciones filogenéticas ha contribuido al conocimiento de la biogeografía mundial (Rice, 1998).

Desde el punto de vista político y social, al ser especies consideradas como recursos, sujetos al aprovechamiento comercial, y estar protegidas por leyes federales e internacionales, la información sobre la salud de sus

poblaciones es indispensable para su manejo apropiado (Morteo, 2002, 2004). Por otra parte, al ser animales carismáticos, generalmente son utilizados como especies "bandera" con fines de conservación.

En la actualidad la población de muchas especies como es el caso de las ballenas jorobadas se ha visto disminuida debido a la caza indiscriminada de las que han sido víctimas y la pérdida de ecosistemas; se ha tomado conciencia de la situación, protegiéndolas y realizando investigaciones sobre la población a través de la identificación de los individuos.

El método de identificación de individuos a través del reconocimiento y la variación de sus marcas naturales ha sido exitosamente usado en el estudio de muchas especies cetáceas, como las ballenas orcas (Bigg, 1982), las ballenas grises (Darling, 1977), las ballenas azules (Sears, 1984) y por supuesto las ballenas jorobadas (Katona y Kraus, 1979).

La fotoidentificación está basada en datos individuales, que las ballenas, los delfines, las marsopas exhiben, marcas únicas naturales o adquiridas, las cuales permanecen iguales todo el tiempo y que se pueden comparar con la huella digital en el hombre. Las marcas quizá tienen una base genética o quizá son causadas por parásitos o depredadores (como tiburones y ballenas orcas), batallas con otros de la misma especie o por enredarse en redes o por colisiones con barcos. (Lien & Katona, 1990).

La fotoidentificación nos permite estimar el tamaño de las poblaciones, determinar su dispersión, distribución y sus patrones migratorios, así como también la edad de los individuos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta de *software*, capaz de extraer el área de la cola de una ballena jorobada (*Megaptera Novaeangliae*) de una fotografía tomada en campo y establecer una metodología que permita la identificación entre individuos.

2.2 Objetivos Específicos

Seleccionar las fotografías de acuerdo con sus características específicas (resolución, tamaño del archivo, formato, tamaño del objeto de estudio, ángulo de la toma, entre otros) que podrían ser útiles en el desarrollo del presente trabajo.

Realizar un procesamiento inicial de las imágenes para adecuarlas a su posterior tratamiento.

Determinar los procedimientos morfológicos más convenientes para la extracción del contorno de la aleta.

Establecer un método de extracción y procesamiento de parámetros para la identificación de individuos.

Evaluar la validez del método de identificación.

3. JUSTIFICACIÓN

IDENTIFICACIÓN DE BALLENAS EN LA ACTUALIDAD.

El método de fotoidentificación que se usa actualmente para el estudio de las ballenas jorobadas basado en el reconocimiento y búsqueda de características especiales presentes en las imágenes de la aleta caudal y dorsal se realiza manualmente y puede tardar semanas y, en algunas ocasiones, meses haciendo una comparación de las imágenes que se tengan de los individuos. Para mejorar esta labor, en pro de la preservación de las especies marinas, aparece la necesidad de hacer este proceso de identificación de una manera eficiente, proporcionando una herramienta que permita agilizar este trabajo de fotoidentificación

La principal justificación para emplear métodos asistidos por el computador se encuentra ligado al aumento en la cantidad de imágenes presentes en un catálogo de individuos, lo cual hace que el proceso se vuelva cada vez

más tedioso al tener que comparar cada nueva fotografía con las ya existentes, incrementando el tiempo de búsqueda y la probabilidad de error en la identificación.

4.1 LAS BALLENAS

El orden Cetacea se divide en dos subórdenes: misticetos o verdaderas ballenas y odontocetos o ballenas dentadas.

Los Misticetos comprenden todos los cetáceos desprovistos de dientes, que poseen barbas o ballenas mediante las cuales por filtración de agua reciben el alimento. Estas barbas o ballenas son placas córneas que crecen a partir de la mandíbula superior, formando una especie de tamiz para filtrar el plancton.

Entre los Misticetos se destacan la ballena Azul, la ballena Franca, la ballena Gris y la ballena Jorobada.

Los Odontocetos o cetáceos con dientes, son mucho más diversos que los Misticetos y la mayoría de menor tamaño; poseen características especiales como la ecolocalización, que les da la capacidad de transmitir sonidos y recibir el eco de esos sonidos. Esto les permite localizar cardúmenes para obtener su alimento e identificar el perfil submarino para reconocer su hábitat, obviando así la deficiencia de los órganos de visión a grandes profundidades en donde la penetración de la luz es escasa.

Entre los Odontocetos encontramos todos los delfines, las belugas y los cachalotes, estos últimos son los más grandes mamíferos dentados y los que alcanzan mayores profundidades durante su inmersión.

La ballena Yubarta pertenece a la familia *Balaenopteridae* junto con otras 8 especies, donde es el único representante del género *Megaptera*, constituyendo su propia subfamilia, los *Megapterinae*.

Son mamíferos con un organismo adaptado a la vida marina, son vivíparas, amamantan a sus crías, de sangre caliente, y con la necesidad de respirar aire, aunque pueden permanecer debajo del agua hasta unos 40 minutos. Cuando respiran, su aliento sale por la nariz, ubicada en la parte superior de la cabeza formando una especie de chorro hacia arriba. Su cuerpo es alargado con una cola cuyas aletas adoptan una posición horizontal (a diferencia de los peces). Su cabeza es ancha y aplanada, con una enorme boca provista de barbas que tienen como función filtrar el alimento, dejando pasar el agua y reteniendo sólo el alimento.

Viven en grupos, en zonas frías y en los inviernos buscan aguas más templadas. Tiene una cría cada dos años, en algún caso excepcional dos, que amamanta unos seis meses, y busca para esto las zonas templadas. Su longitud es de unos siete metros al nacer y se consideran adultos a

los 4 o 5 años. Se alimentan de pequeños peces y de organismos del plancton. Son de gran tamaño, y es uno de los más grandes animales del planeta.

4.2 MÉTODOS DE IDENTIFICACION DE INDIVIDUOS

Para el reconocimiento de individuos se utilizan varios métodos como son:

- **Análisis Genético:** El ADN es digerido con enzimas específicas que lo cortan en fragmentos y luego se separan de acuerdo a su tamaño, resultando en diferentes patrones de bandas, que serán idénticas si se trata de un mismo individuo.
- **Técnicas acústicas:** A través de los sonidos emitidos o por la huellas de las voces se han identificado individuos de muchas especies, además se han revelado patrones de desplazamiento individual y migratorios, espaciales y temporales.
- **Monitoreo satelital:** Se colocan transmisores satelitales a los individuos con la ayuda de una especie de arpón, para hacerles seguimiento y conocer aspectos acerca de la ruta migratoria de la especie y hábitos alimenticios. En algunos casos los transmisores se apagan cuando las ballenas se sumergen. El costo de implementación de este método es alto.
- **Fotografías de las marcas naturales:** El uso de técnicas fotográficas para identificar individuos a través de sus marcas naturales ha sido exitosamente usado para especies de cetáceos, como ballenas jorobadas y orcas. La descripción de las fotografías se realiza por medio de tres criterios: patrón de pigmentación, ubicación de marcas naturales y cicatrices y la forma de la hendidura de la parte media de la aleta caudal.

4.2.1 Patrón De Pigmentación

Se asignan valores del 1 al 5, basado en la proporción de coloración blanco y negro que tienen en la región ventral de la cola; los ejemplos se muestran en la siguiente figura:

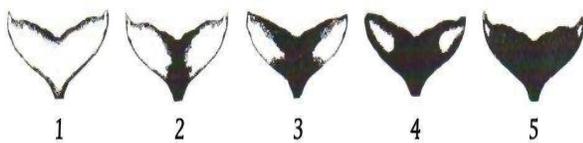


Figura 1 Patrones de pigmentación.

4.2.2 Marcas

Las marcas se codifican por letras. Si existe más de un tipo de marca en una región, se realiza una cadena con las letras que indican el tipo de marca. Ver Tabla 1.

No especificado	*	Sector bajo el agua, fuera del cuadro o en mal ángulo
Círculos	C,c	Marcas circulares abiertas con un centro ya sea blanco o negro
Manchas	F	Pigmentación como salpicadura, no producido por lesiones
Hoyos	H	Hoyos
Líneas	L,l	Cualquier marca lineal cuya longitud sea 4 veces su ancho
Perdido	M	Sector perdido por el animal
Hendidura	N	Sector más pequeño que no esta
Rasgaduras	R,r	Rasgaduras posiblemente creado por dientes
Puntos	S,s	Círculos cerrados
Distintivos	X	Marcas más singulares que podrían llegar a colaborar en la identificación del animal

Tabla 1 Codificación de marcas y cicatrices.

La aleta se divide en sectores para poder realizar una codificación óptima del sector donde se encuentra determinada marca o cicatriz.

En la figura 2 se muestra los 14 sectores de la división propuesta por los biólogos Balcomb y Katona.

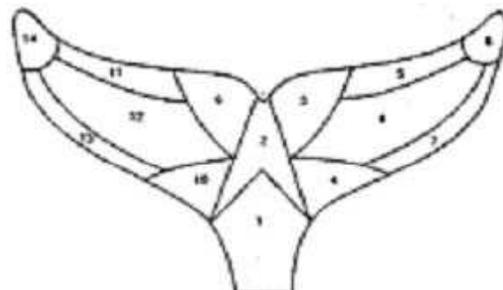


Figura 2 División en zonas de la aleta caudal.

4.2.3 Forma De La Parte Media De La Aleta

Esta parte puede ser redondeada, cuadrada o estrecha, en la Figura 3 se encuentra las posibles opciones que se tiene de este parámetro en la ballena, esta característica se ubica dentro del sector o zona 2 de la aleta caudal.

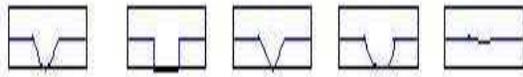


Figura 3 Formas de la parte media de la aleta caudal.

5. METODOLOGIA

Segmentación de la aleta.

Debido a que el material fotográfico ofrece bastantes desafíos (las pequeñas diferencias de color entre los animales y el medio; factores de confusión como salpicaduras de agua, marcas claras sobre superficies húmedas, etc.) la segmentación automática de la cola no podría entregar la precisión requerida para la foto identificación. Por esta razón, se ha optado por una segmentación semiautomática basada en un marcador controlado por un Algoritmo de Watershed.

La transformada de Watershed es una poderosa herramienta de morfología matemática para la segmentación de imágenes usada en muchas aplicaciones. Cualquier imagen de niveles de grises puede ser considerada como una superficie topográfica. Inundando esta superficie desde sus mínimos mientras se previene la fusión de las aguas procedentes de diversas fuentes, resultará en una partición de la imagen en cuencas hidrográficas asociadas con cada mínimo. Si aplicamos esta transformación al gradiente de una imagen, se debería obtener cuencas hidrográficas correspondientes a regiones homogéneas de niveles de grises. La transformación, sin embargo, tiende a producir una sobre-segmentación debido a las variaciones locales del gradiente. Un marcador controlado es una solución a este problema. La ubicación y el soporte de los mínimos son dados a priori en la forma de marcadores, después de lo cual el gradiente de la imagen es modificado vía reconstrucción morfológica.

De esta manera sólo los bordes más significativos del gradiente en las áreas de interés entre los marcadores aparecen en la segmentación final.

El proceso de extracción de la cola es inicializado por el usuario, quien especifica un contorno inicial (marcador) dentro de la cola.

La transformada de watershed es luego aplicada al gradiente modificado y automáticamente produce un límite estimado del contorno para la cola.

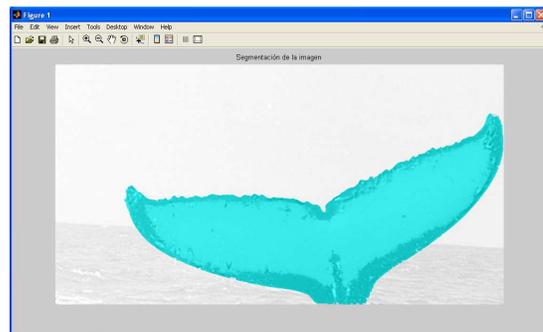
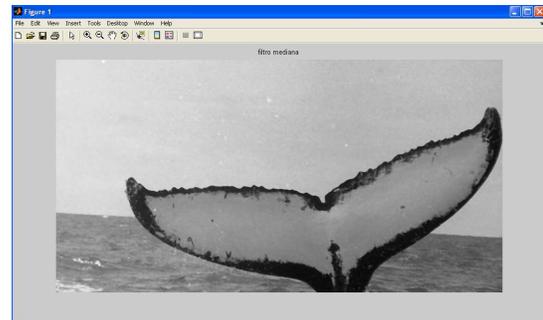


Figura 4 Resultado de la Segmentación.

Acondicionamiento de una grilla invariante.

Las imágenes de aletas de mamíferos marinos frecuentemente exhiben grandes variaciones en ángulos de vista, distancias desde la cámara e inclinación de la aleta.

Se puede demostrar que la superficie de la aleta es casi plana con dimensiones significativamente mas pequeñas que la distancia a la cámara, estas variaciones pueden ser modeladas usando transformaciones afines tales como rotación, translación y escalamiento. Para hacer la búsqueda robusta a esta variabilidad, se ha propuesto una grilla de coordenadas afines invariantes.

La grilla esta definida por marcas anatómicas relativamente estables, los puntos extremos izquierdo y derecho (L y R en la figura) y la hendidura central (O), indicados al sistema por el usuario. Usando conceptos de afinidad invariante tal como puntos medios (M), simetría(N) y líneas paralelas, la grilla es acondicionada en la aleta, dividiéndola en Nr regiones (30 en la implementación corriente) como se muestra en la figura 5.

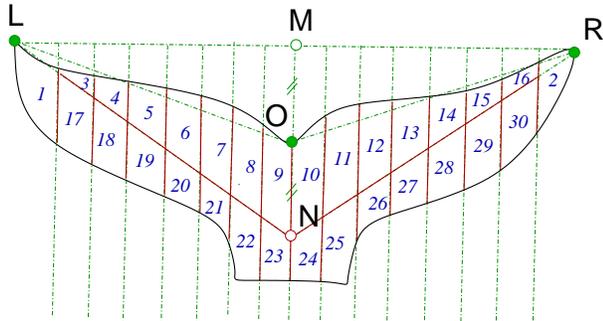


Figura 5 Acondicionamiento de la Grilla Invariante.

La idea es simple y sencilla. Un triángulo LOR es construido mediante la definición de los tres puntos descritos.

La base del triángulo (la línea que conecta los puntos extremos de la aleta L y R) es dividida en dos partes iguales mediante el punto M. El punto simétrico de M con respecto a O, es decir, N es encontrado. Ambos sectores resultantes son entonces divididos en n partes con líneas paralelas a la mediana NM. De este modo, la grilla va a delinear $NR = 4n - 2$ regiones de grilla (las extremos de la aleta se consideran regiones completas). Estas regiones son etiquetadas desde 1 hasta NR de izquierda a derecha y de arriba a abajo.

La figura 6 muestra la segmentación y la imposición de la grilla a un par de imágenes del mismo individuo. Nótese que los patrones sobresalientes aparecen en la misma posición de la grilla invariante de la distorsión afín.

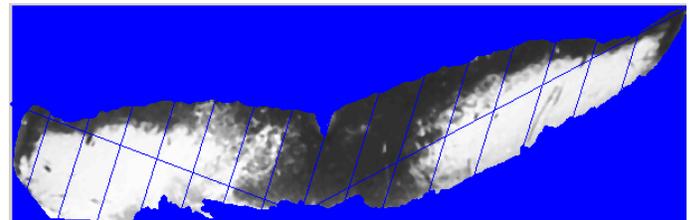
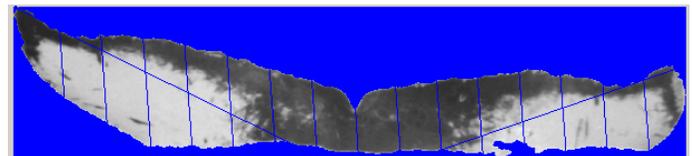
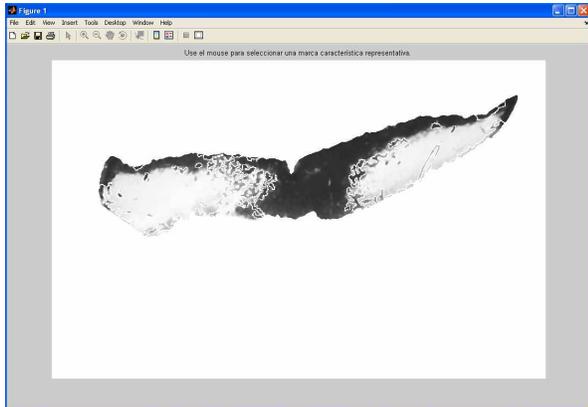


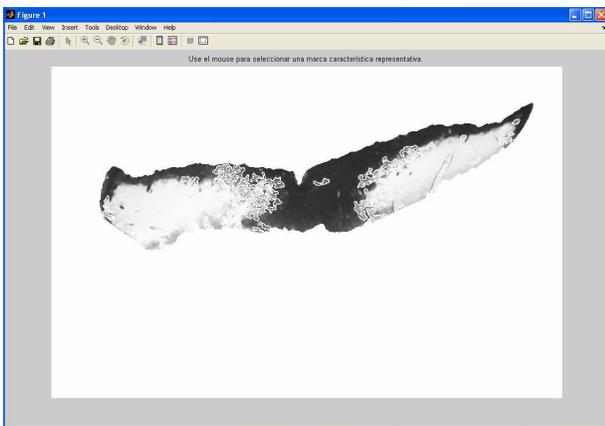
Figura 6 Segmentación e imposición de la grilla a dos fotografías distintas de un mismo individuo. Nótese la posición en la grilla de las marcas sobresalientes.

Marcas Características

Posibles marcas negras sobre fondo blanco



Posibles marcas blancas sobre fondo negro



Marcas características seleccionadas

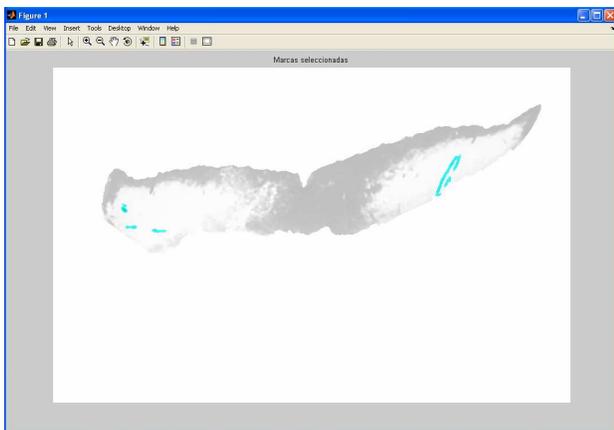


Figura 7 Marcas Seleccionadas.

7. Conclusiones

Desde que el primer sistema (NMML) ha estado en uso, ha habido un deseo de desarrollar sistemas asistidos por computadora que sean más "automatizados".

El sistema toma ventaja de la capacidad del cerebro humano para rotar instantaneamente, ajustar, compensar y reconocer similares imágenes.

La tecnología de la computación aún no puede competir con el poder de procesamiento de imágenes del cerebro humano, y posiblemente no es tan avanzado como un sistema completamente automatizado.

Tanto el sistemas utilizados aquí y otros sistemas desarrollados necesitan alguna intervención y entrenamiento de un operador.

En la etapa de reducción del ruido, se ha utilizado el filtro de mediana, debido a que es un indicador más robusto que el promedio y que el filtro Gaussiano.

El filtro bottom hat permite distinguir las marcas características del fondo siendo considerado en este trabajo como el principal segmentador del algoritmo de extracción de marcas.

8. LIMITACIONES

Es necesario tener en cuenta que la especie está dividida en tres poblaciones, reproductiva y geográficamente aisladas: la del Atlántico norte, la del Pacífico norte y la del hemisferio sur.

La *FUNDACION YUBARTA* no cuenta con un catálogo de fotografías con un formato único; así que hay que seleccionar un estándar con determinadas características como tamaño, resolución, etc., para filmas, fotografía análoga y fotografía digital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J.C. Ross, *The Image Processing Handbook*. CRC Press, Springer, IEEE Press. 1998
- [2] W.K. Pratt, *Digital Image Processing*. Addison Wesley. 2001

- [3] Bernd Jahne. Digital Image Processing. Springer. 2002

- [4] Patrick Marchand, O. Thomas Holland. Graphics and GUIs with MATLAB. Chapman and Hall/CRC. 2003

- [5] J. P. Alvarado, S. J. Fuentes, C. A. Pinilla. Identificación de Ballenas Jorobadas por patrones de la aleta caudal. Tesis de pregrado PUJ. 2005

- [6] Sally A. Mizroch, Judith Beard and Macgill Lynde, 1990, Computer Assisted Photo Identification of Humpback Whales. Paper SC/A88/ID11, Pg 63-70

- [7] Reynolds Pombo Jorge, Rozo Carvajal José Ignacio, Viaje al corazón de las ballenas, Santafé de Bogotá, 1998

- [8] Hervella Samira, Editor de Imágenes basado en regiones. Aplicaciones en Matlab. EUETIT,-Terrassa. 2005-2006

- [9] *Elena Ranguelova, Mark Huiskes, Eric J. Pauwels,* Towards Computer-Assisted Photo-Identification Of Humpback Whales, Amsterdam, The Netherlands