

**DISEÑO Y EVALUACION DE UNA APLICACION DE MULTIMEDIA  
SOBRE BIOLOGIA DE BALLENAS**

ANA MARIA NAVAS

TRABAJO DE GRADO  
Presentado como requisito parcial para optar el título de

BIOLOGA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE BIOLOGIA  
Bogotá, D. C.

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus  
alumnos en sus trabajos de grado”

Artículo 23 de la Resolución No 13 de julio de 1946

**DISEÑO Y EVALUACION DE UNA APLICACION DE MULTIMEDIA  
SOBRE BIOLOGIA DE BALLENAS**

ANA MARIA NAVAS

APROBADO

---

Jorge Reynolds Pombo (Director)

---

Fabio Gómez (Codirector)

---

Susan Davies (Jurado)

---

Fernando Lozano (Jurado)

---

Luz Mercedes Santamaría  
(Directora de la Carrera de Biología)

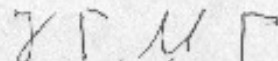
---

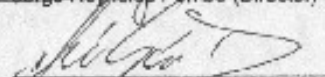
Carlos Corredor Pereira Ph D  
(Decano Académico)


**DISEÑO Y EVALUACION DE UNA APLICACION DE MULTIMEDIA  
SOBRE BIOLOGIA DE BALLENAS**

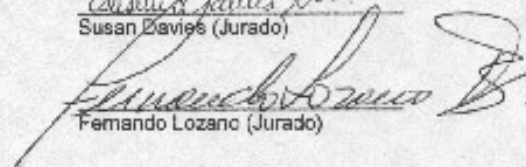
ANA MARIA NAVAS

APROBADO

  
\_\_\_\_\_  
Jorge Reynalda Pombo (Director)

  
\_\_\_\_\_  
Fabio Gómez (Codirector)

  
\_\_\_\_\_  
Susan Davies (Jurado)

  
\_\_\_\_\_  
Fernando Lozano (Jurado)

\_\_\_\_\_  
Luz Mercedes Santamaria  
(Directora de la Carrera de Biología)

\_\_\_\_\_  
Carlos Corredor Pereira Ph D  
(Decano Académico)

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Jorge Reynolds director del trabajo de grado, por su apoyo y colaboración durante todos los meses de trabajo; a David Restrepo y a José Luis Villa quiero darles las gracias especialmente, no sólo por la asesoría y la ayuda que me dieron en cuanto al manejo de los programas de multimedia, sino también por el apoyo incondicional que me dieron para realizar el proyecto.

A Ricardo Escobar por aportar excelentes ideas para el sistema de navegación y la diagramación del CD Rom.

A Fabio Gómez, por su colaboración, su interés y por todas las correcciones que tuvimos y que fueron de gran ayuda

A Berta, por sus observaciones, correcciones y consejos.

A Carlos Navas por corregir el guión y hacer críticas realmente valiosas sobre los conceptos tratados el manejo de los temas.

A mi hermana por la ayuda que me dio durante los meses de trabajo y por la diagramación de la carátula del CD; a Olga Lucia Espejo por la ayuda prestada en la búsqueda de bibliografía.

A Margarita por las correcciones idiomáticas que realizó sobre el guión de CD Rom; a Bernardo Recaman del Ministerio de Educación, por el interés que mostró sobre el proyecto y las correcciones de estilo del guión; a Germán Tessarolo por la pintura original para la carátula del CD Rom.

A los colegios Cardenal Pacelli y Calasanz y la Fundación Rafael Pombo.

A mis papás por apoyarme de manera incondicional.

GRACIAS a todas las personas del grupo S.C.V.S. porque sin ellas, no hubiera podido realizar este trabajo.

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **RESUMEN (1)**

### **1. INTRODUCCION (2)**

### **2. MARCO TEÓRICO (4)**

- 2.1 ¿Qué es la divulgación social de la ciencia? (4)
- 2.2 Antecedentes de la divulgación y popularización de la ciencia (6)
- 2.3 La multimedia como herramienta de divulgación social de las ciencias (7)
- 2.4 ¿Biología a través de multimedia? (8)
- 2.5 Estrategias de divulgación y educación en temas relacionados con mamíferos marinos a nivel internacional (10)
- 2.6 Mistictetos: divulgación y educación en Colombia (11)

### **3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN (13)**

- 3.1 Formulación del problema (13)
- 3.2 Justificación (14)

### **4. OBJETIVOS (15)**

- 4.1 Objetivo general (15)
- 4.2 Objetivos específicos (15)

### **5. METODOLOGÍA (16)**

- 5.1 Selección de temas y elaboración del guión (17)
- 5.2 Selección de material, diseño y diagramación (17)
  - 5.2.1 Tratamiento del material seleccionado (18)
  - 5.2.2 Diseño y diagramación preliminares (18)
- 5.3 Elección del programa de multimedia y montaje del CD Rom (19)
- 5.4 Validación de la herramienta educativa creada (20)
  - 5.4.1 Muestreo en la Feria del Libro (21)
  - 5.4.2 Muestreo en dos colegios de la capital (22)

5.5	Recolección y análisis de la información	(23)
5.5.1	Datos obtenidos en la Feria del Libro	(23)
5.5.2	Datos obtenidos en los colegios Calasanz y Cardenal Pacelli	(23)
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	<b>(25)</b>
6.1	Selección de temas	(25)
6.2	Guión: correcciones a nivel conceptual y formal	(26)
6.3	Diagramación y navegación	(26)
6.4	Validación del material	(29)
6.4.1	Muestreo en la Feria del Libro	(29)
	Muestreo en el colegio Calasanz (Bogotá)	(36)
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>(43)</b>
7.1	Límites y limitaciones con relación al contenido	(43)
7.2	Receptividad de los estudiantes hacia el material educativo	(46)
7.2.1	Estado del conocimiento previo, sobre algunos aspectos de la biología de los misticetos	(46)
7.2.2	Receptividad del público hacia los textos presentados	(47)
7.2.3	Temas de mayor interés	(48)
7.2.4	Receptividad del público hacia los criterios de navegación seleccionados	(49)
7.2.5	Motivación para aprender ciencias biológicas a través de propuestas educativas similares	(50)
7.2.6	Comprensión de contenidos	(50)
7.3	Limitaciones del proyecto	(52)
7.4	Requerimientos de la aplicación	(53)
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>(54)</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>(56)</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>(58)</b>

**11. ANEXOS (68)**

Anexo 1	(68)
Anexo 2	(69)
Anexo 3	(70)
Anexo 4	(71)
Anexo 5	(72)

## RESUMEN

El objetivo general de este trabajo fue crear una aplicación de multimedia relacionada con diferentes aspectos de la biología del suborden Mysticeti (CETACEA), y evaluarla en una población constituida por niños y jóvenes. Se incluyeron en la aplicación elementos como textos, videos, fotos, sonidos y enlaces directos a internet, con el fin de aumentar el interés hacia los conceptos transmitidos y hacia las nuevas herramientas de educación y divulgación de ciencias.

La validación del material arrojó resultados positivos sobre aspectos como la receptividad de niños y jóvenes hacia el manejo de la aplicación, el lenguaje utilizado, los temas seleccionados y la comprensión de los textos. Reveló también que existe una motivación evidente, por parte de los estudiantes, en complementar la educación que obtienen en aulas con propuestas educativas similares.

**Palabras claves:** CD Rom, divulgación, educación, multimedia, Mysticeti.

## 1. INTRODUCCION

Diferentes aspectos de la biología e historia natural del suborden Mysticeti (CETACEA) se han divulgado a nivel social, a través de libros, manuales de campo, videos, documentales, cartillas y páginas web (Leatherwood & Reeves 1985, Evans 1987, Martin 1990, Calambokidis & Steiger 1997, De San Gil 1997, Carwardine *et al.* 1998, Gill 2000).

Algunas entidades se han interesado por el estudio de especies de misticetos que llegan a las costas colombianas, en especial por la ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*) (Florez-González & Capella-Alzueta 1995, Reynolds *et al.* 1986, 1987, 1994); aunque se haya incluido como un aspecto paralelo a los proyectos de investigación, estrategias de divulgación, actualmente es difícil encontrar textos divulgativos en español sobre estos temas dirigidos a jóvenes o adultos, y más aún, estrategias de divulgación que involucren las nuevas tecnologías como la multimedia educativa.

Este hecho, refleja un problema latente en Colombia y en varios países de América Latina que es la desvinculación que existe entre la ciencia y el dominio público de la misma (Merino 1997, Delgado & Quevedo 1997, Llinás 2000).

Elementos como la participación, la motivación y la curiosidad, juegan un papel importante dentro de las propuestas de enseñanza que buscan estimular un tipo de aprendizaje “flexible” (Arcá 1990, Escobar 1997, Merino 1997, Gatlin-Watts *et al.* 1998, Yildirim *et al.* 2001); es importante resaltar que muchas de estas propuestas contemplan la necesidad de ampliar la difusión de los planes de enseñanza a distancia. Dentro de estas nuevas propuestas educativas, se encuentra la multimedia, como una herramienta que permite crear escenarios virtuales para transmitir información (Fitzgerald 1997, Yildirim 2001).

Como se sugirió anteriormente, los misticetos hacen parte de la fauna colombiana y constituyen uno de los varios grupos taxonómicos para los que se han venido ampliando la información y para los cuales ha sido reducida la divulgación social a nivel nacional.

Considerando los puntos mencionados anteriormente se propuso crear y evaluar una herramienta de divulgación creada a través de multimedia, cuyo tema central fueran diferentes aspectos de la biología e historia natural del suborden Mysticeti.

La aplicación de multimedia se presentó a través de un CD Rom y se evaluó a través de cuestionarios dirigidos a niños y jóvenes.

Algunos de los elementos que impulsaron el planteamiento de esta propuesta fueron el material disponible en la sede del grupo SCVS (Seguimiento Corazón Vía Satélite) sobre cetáceos, la motivación de niños, jóvenes y adultos hacia las estrategias divulgativas que el grupo ha realizado sobre aspectos relacionados con la biología de misticetos, los pocos textos divulgativos que llegan a las diferentes editoriales nacionales sobre el tema y el hecho de que en Colombia no existan CD Rom interactivos en español sobre este grupo taxonómico.

Los resultados obtenidos, a través de la validación del material, revelaron que los niños y jóvenes fueron muy receptivos hacia los temas y los textos que se presentaron en la aplicación de multimedia; también revelaron que la aplicación resultó accesible y fácil de manejar para estudiantes de colegios públicos y privados, con un rango amplio de edades.

Los cuestionarios mostraron además, el interés que tienen niños y jóvenes en complementar la educación que reciben en las aulas con propuestas diferentes a las tradicionales; por lo que se espera promover la creación y evaluación de herramientas de divulgación similares (multimedia educativa) en otros temas relacionados con las ciencias biológicas, que contribuyan a ampliar el conocimiento y fomentar a un mismo tiempo habilidades científicas y tecnológicas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ¿Qué es la divulgación social de la ciencia?

En la época actual existe una desvinculación entre el conocimiento científico y el conocimiento común; las personas que no están familiarizadas con los conceptos y el lenguaje científico, no saben en qué medida estos elementos pueden estar afectando su vida cotidiana, o como ellas mismas pueden verse relacionadas con las investigaciones y proyectos que se están desarrollando. Este problema ha estado latente desde hace varias décadas y de igual manera ha estado latente la necesidad de estimular el desarrollo de propuestas de divulgación social de las ciencias, que acerquen la información científica que se ha ido acumulando, a un público general.

En medio de la brecha que existe entre la ciencia y el dominio público de la misma, surgen con gran validez las estrategias de divulgación y educación en ciencias, como elementos fundamentales para llevar los conceptos y los resultados de las investigaciones, a un estado comprensible para el público que no está familiarizado con el lenguaje científico.

La divulgación social, constituye una estrategia para hacer educación en ciencias (Bernal 1999). En este punto es importante resaltar que existen varias estrategias que pueden aplicarse para la educación en ciencias, las más comunes para los jóvenes, están constituidas por las diferentes prácticas que se realizan dentro de las aulas (clases, conferencias, charlas, laboratorios); existen sin embargo otro tipo de estrategias que pueden utilizarse dentro o fuera de aulas, que buscan maximizar las posibilidades de enseñanza y aprendizaje a través de recursos visuales, audiovisuales y medios interactivos entre otros (Unesco - UNEP 1985, Escobar 1997, Martínez 1997).

El objetivo principal de la divulgación científica es trabajar sobre un discurso elaborado por científicos y convertirlo en materia de comunicación para un público variado, de manera que el lenguaje se vea simplificado, pero no los conceptos (Gould 1987, Delgado y Quevedo 1997, Leitao & Albagli 1997, Martínez 1997).

El lenguaje, es tal vez uno de los puntos más importantes cuando se habla de divulgación social del conocimiento; hasta ciertos niveles de abstracción, todo lo que se dice en lenguaje formal o especializado se puede decir en un lenguaje

que resulte natural para las personas que no manejan la terminología científica y esa es una de las principales labores de las personas que busquen hacer divulgación ([http://www.mineducacion.gov.co/idx\\_lineamientos.htm](http://www.mineducacion.gov.co/idx_lineamientos.htm)).

Debe quedar claro que en el caso de las ciencias biológicas y de la mayoría de las ciencias, es necesario referirse a términos especializados aún cuando se esté haciendo divulgación social, pero lo ideal es que las explicaciones que los acompañan sean claras y completas, para que el estudiante o la persona que está teniendo acceso a la información, no vea en ellos un obstáculo para comprender los temas sino que encuentre el sentido y el significado que tienen ([http://www.mineducacion.gov.co/idx\\_lineamientos.htm](http://www.mineducacion.gov.co/idx_lineamientos.htm)).

Algunos de los medios más utilizados actualmente para divulgar la ciencia y dirigirla a un público variado, son los centros de ciencia y tecnología, el software educativo y los medios de comunicación masiva como televisión, radio, prensa e internet (Martinez 1997).

Los centros interactivos son centros de aprendizaje que plantean nuevas formas de relación entre el individuo y el objeto de conocimiento; usualmente tienen exhibiciones en las que la ciencia y la tecnología se acercan a la realidad cotidiana y se convierten en procesos de aprendizaje multidimensionales.

La producción de material audiovisual, plantea nuevos retos, como el diseño de elementos acordes con la cultura visual de niños y jóvenes, en los cuales la relación entre los textos y la imagen no sea solo algo estético, sino que permita nuevos significados para los conceptos que se están dando a conocer (Martínez 1997). En este sentido los videos, documentales y programas de televisión, han constituido y constituyen en la actualidad, herramientas de divulgación en ciencias que buscan atraer la atención de un público general, hacia cierto tipo de información, a través de elementos visuales y audiovisuales.

El uso de internet y multimedia permite desarrollar metodologías didácticas, para que el proceso de comprensión de contenidos se haga dinámico y funcione personalmente o a distancia; actualmente existe la preocupación de acercar estos nuevos desarrollos tecnológicos hacia todos los sectores sociales (<http://www.futuro.usp.br/ef/menu/menu/.hmtm>,

<http://unbosque.edu.co/NOTIBOSQUE/NOTIBOSQUE%20EDUCACION.htm>,

<http://www.javeriana.edu.co/cua/mundial/inicio.html> , <http://www.unad.edu.co/>).

A través de esta revisión queda claro que son varios los elementos relacionados, al momento de plantear una propuesta de divulgación. El tipo de

público al que va dirigida la propuesta, así como el entorno social y cultural del mismo, van a definir las estrategias de comunicación que mejor se adapten para transmitir la información y van a definir también, el lenguaje y la forma de presentar los contenidos.

Otro elemento importante que debe aclararse es que, paralelo a las estrategias de divulgación de ciencias dirigidas hacia un público especializado (congresos, charlas, artículos científicos), es necesario estimular el desarrollo de otro tipo de propuestas que permitan socializar el conocimiento y disminuir la brecha que existe entre la ciencia y el dominio público de la misma (Delgado & Quevedo 1997, Meadows 1997, Leitao & Albagli 1997)

## **2. 2 Antecedentes de la divulgación y popularización de la ciencia**

La búsqueda de popularizar la ciencia ha estado presente desde el siglo XVII; la revolución científica que se desató a final de ese siglo, hizo imperante la necesidad de interpretar los nuevos descubrimientos científicos y transmitirlos a la comunidad (Meadows 1997).

A medida que las diferentes ramas de la ciencia se desarrollaron, se hizo más común la publicación en revistas científicas que en libros de acceso al público; autores como Meadows (1997), han afirmado que este fenómeno llevó a los investigadores a utilizar un lenguaje cada vez más especializado y aumentar las bases teóricas de las ciencias.

El siglo XIX se caracterizó por un aumento de las especializaciones científicas y de los científicos profesionales y durante este siglo hubo nuevas tendencias a popularizar la ciencia a través de diferentes tipos de actividades divulgativas como las conferencias públicas. Sin embargo muchos científicos fueron juzgados por desarrollar al mismo tiempo investigaciones y divulgación social de esas investigaciones (Meadows 1997).

Después de la segunda guerra mundial se puede hablar de comunicadores científicos profesionales y de una mayor cobertura de la popularización de la ciencia (Meadows 1997).

Uno de los puntos clave de esta breve reseña histórica es que desde hace varias décadas ha existido una tensión fuerte entre la ciencia y los medios de comunicación; la información que se obtiene a través de las investigaciones no puede ser divulgada solamente hacia un público especializado, es necesario

divulgarla hacia un público variado (Merino 1997) y por este motivo es fundamental desarrollar proyectos en interfaces que cubran áreas diferentes: ciencias, periodismo, comunicación social, producción de televisión, pedagogía, diseño gráfico, entre otros.

El desarrollo de proyectos en los que se apoyen varias disciplinas, podría significar un acercamiento entre dos realidades que parecen completamente separadas.

### **2.3 La multimedia como herramienta de divulgación social de las ciencias**

Desde hace algunas décadas se han planteado diferentes propuestas que buscan complementar la educación pasiva, basada en transmisión de información por lecturas o diálogos, con estrategias activas, en las que la creatividad y la curiosidad, lleven al crecimiento intelectual (Unesco - UNEP 1985, Escobar 1996, Merino 1997, Gatlin-Watts *et al.* 1998, Yildirim *et al.* 2001).

El ajustarse a estos parámetros implica que no sea el educador el que sintetice la información, sino que el interés nazca de la persona que desea aprender y que sea ella misma la que dirija su proceso de comprensión de contenidos (Unesco 1985, Arcá *et al.* 1990).

En la época actual muchas de estas propuestas han integrado la multimedia y la educación (Adams 1996, Shepardsund & Britisch 1996, Yildirim *et al.* 2001; autores como Llinás (2000) han resaltado la importancia de utilizar computadores en el proceso educativo, con el fin de que los estudiantes tengan la posibilidad de trabajar con sistemas interactivos y de redes, avancen en los procesos de aprendizaje y tengan acceso a bancos de datos que permanezcan actualizados.

Los programas para desarrollar software en multimedia constituyen herramientas para crear modelos educativos; estos programas presentan medios para crear escenarios virtuales y transmitir a través de ellos, la información (Fitzgerald 1997, Gatlin-Watts *et al.* 1998, Yildirim *et al.* 2001). A través de este tipo de herramienta se busca estimular un aprendizaje flexible en el que se puedan conectar diferentes ambientes como video, gráficos, audio, texto y animaciones (Fitzgerald 1997, Shepardsund & Britisch 1996, Ladewski 1996).

Autores como Shepardsun & Britisch (1996), han demostrado que la multimedia ofrece diferentes vías de acceso a un mismo problema; por otro lado, autores

como Geriô & Jausovec (1999) y Yildirim *et al.* (2001) han relacionado las redes estructurales que ofrece la multimedia con la forma en que la memoria humana organiza la información, argumentando que esta similitud puede incrementar los procesos de comprensión y de aprendizaje.

Una de las grandes ventajas de la multimedia es que puede presentarse a través de medios de almacenamiento como el CD Rom (Compact Disc – Read Only Memory), los cuales permiten guardar una gran cantidad de información de manera poco costosa (Adams, 1996) y ocupan un espacio reducido.

En la actualidad son numerosos los programas y lenguajes de programación que pueden utilizarse para desarrollar multimedia, algunos de ellos utilizan como plataforma el **C++** (un lenguaje de programación complejo y completo que puede utilizarse para el desarrollo de cualquier aplicación en multimedia); existen otros programas como el **Flash** (un programa flexible y accesible, ideal para animaciones cortas, presentaciones, diseño y publicación de páginas web), el **Authorware** (un programa que cuenta con ambientes y sistemas de navegación predeterminados para la integración de videos, audio, fotografías y textos) y el **Director** (un programa accesible e ideal para el desarrollo de aplicaciones de larga duración que involucren diferentes medios).

Uno de los elementos que puede convertirse en un problema para los modelos educativos basados en la multimedia, es la calidad de la información que se está manejando (Shepardsund & Britisch 1996); por este motivo resulta fundamental desarrollar los proyectos a través de grupos interdisciplinarios, en los que se pueda manejar de común acuerdo el contenido y la forma.

Como se dijo anteriormente existe una relación entre la divulgación y la educación y muchas de las herramientas de divulgación pueden convertirse en herramientas de educación, entre ellas la multimedia podría constituir una opción aplicable a las ciencias y específicamente a las ciencias biológicas.

## **2.4 ¿Biología a través de multimedia?**

Antes de hablar sobre los objetivos generales de la educación en ciencias biológicas y las implicaciones que puede tener la multimedia en los procesos de enseñanza relacionados, es importante definir dos conceptos que tienden a confundirse: la educación ambiental y la educación en ciencias biológicas.

La educación ambiental surge como resultado de la preocupación por el manejo inadecuado de recursos y la distribución desigual de beneficios (Maya 1992, Rendon *et al.* 1992). Los objetivos fundamentales son generar una conciencia social sobre la problemática actual y motivar acciones que puedan replantear las relaciones establecidas entre la sociedad y la naturaleza (Unesco 1985, Maya 1992, Rendon *et al.* 1992).

La educación en ciencias biológicas busca motivar el desarrollo de modos de observar la realidad (ecosistemas, comunidades, poblaciones, especies, individuos etc.), y generar inquietudes frente a esa realidad que estimulen la curiosidad del estudiante (Arcá *et al.* 1990).

La diferencia más notable entre estos dos sistemas es que la educación ambiental busca generar acciones y actitudes por medio del conocimiento y la reflexión (Unesco 1985, Rendon *et al.* 1992), mientras que la educación en ciencias busca generar nuevas estrategias de conocimiento, que en ciertos casos (dependiendo del sujeto de estudio), pueden implicar acciones posteriores.

En los ambientes de la multimedia, el hecho de abordar un mismo problema biológico a través de diferentes vías que se apoyen mutuamente (textos, fotos, videos, ilustraciones, animaciones) permite que el estudiante dirija su ruta de aprendizaje y encuentre respuestas para las preguntas que le surgen a medida que va obteniendo información (Shepardsund & Britisch 1996, Adams 1996, Yildirim *et al.* 2001), de esta manera será él mismo quien construya conceptos y explicaciones relacionadas con los temas que está abordando.

Desde hace varios años diferentes grupos de trabajo han desarrollado varias propuestas de software educativo en ciencias; un ejemplo claro, a nivel internacional, está constituido por el software producido por Zeta Multimedia; a nivel nacional vale la pena resaltar el trabajo realizado por el grupo Ludomática, de la Universidad de los Andes.

Algunos estudios realizados con el fin de evaluar herramientas de multimedia en el área de la biología, han demostrado que la actitud de los estudiantes es positiva frente a estas nuevas perspectivas de aprendizaje (Adams 1996, Yildirim *et al.* 2001).

## **2. 5 Estrategias de divulgación y educación en temas relacionados con cetáceos a nivel Internacional**

El creciente interés por la conservación de varias especies de cetáceos ha motivado a diferentes asociaciones a desarrollar programas educativos (Escobar 1997).

Muchas entidades dedicadas a generar estrategias de conservación han divulgado material sobre cetáceos a través internet como: [www.icb.org.ar/base.htm](http://www.icb.org.ar/base.htm) del Whale Conservation Institute, [www.wdcs.org/](http://www.wdcs.org/) de la WDCS (Whale and Dolphin Conservation Society) o [www.whale.org](http://www.whale.org) creada por The Ocean Alliance, en las que se incluyen noticias actuales sobre el estado de conservación de las especies y los resultados de algunos de los proyectos que se han venido realizando.

En Estados Unidos e Inglaterra sociedades e institutos como MARS (Marine Animal Recue Society), The Ocean Institute, Marine Science Institute y PROVOS (Marine Biology Education Center), han desarrollado desde hace varios años programas educativos, dirigidos a niños y jóvenes, sobre cetáceos y otros grupos de mamíferos marinos.

En Estados Unidos, Inglaterra y Argentina existen programas de educación sobre cetáceos; se trata de cursos cortos de vacaciones para niños y jóvenes, dirigidos por la Unión Internacional de Conservación de Ballenas, que cuentan con trabajos de campo, videos, cartillas y períodos de observación.

A nivel internacional se han publicado diversos textos (la gran mayoría en inglés) sobre la biología de los cetáceos y a nivel específico sobre el suborden Mysticeti, que reúne a las verdaderas ballenas; por otro lado canales de televisión como Discovery Channel, National Geographic, Animal Planet, BBC, Radio TV Italiana y Public TV, han transmitidos y continúan transmitiendo documentales relacionados con el tema.

En internet es posible conseguir CD Rom interactivos sobre ballenas como In the Company of whales y The world of whales, se trata de aplicaciones de multimedia en inglés sobre la biología general del grupo.

De esta revisión se debe resaltar que la mayor parte del material se ha publicado en inglés y esto constituye una barrera si se piensa en América Latina, por otro lado los textos y CD interactivos importados, resultan muy costosos.

## **2.6 Mysticetos: Divulgación y educación en Colombia (Antecedentes)**

En Colombia son numerosas las entidades e instituciones que trabajan actualmente en ciencias del mar (Universidad Nacional, Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano, Universidad del Valle, Universidad EAFIT de Medellín, Universidad de Cartagena, Universidad Tecnológica del Chocó, INVEMAR, Fundación Yubarta, Omacha, grupo GEMA, INPA, DIMAR y Fundación Natura, por dar algunos ejemplos), pero pocas se han dedicado al estudio de los mamíferos marinos y en especial al estudio de las verdaderas ballenas (Mysticeti: CETACEA).

Algunas de las instituciones dedicadas al estudio de biología de los mamíferos marinos son el Acuario El Rodadero (Santa Marta), la Fundación Omacha, la Fundación Yubarta, el grupo GEMA (Grupo de Estudio de Mamíferos Acuáticos), el equipo AIRMA (Equipo para la asistencia investigación y rehabilitación de mamíferos acuáticos) y el grupo SCVS (Seguimiento Corazón Vía Satélite).

La Universidad Jorge Tadeo Lozano cuenta con espacios para que los estudiantes (e interesados en el tema) hagan mesas de discusión sobre la biología de los mamíferos marinos (<http://www.utadeo.edu.co/areasac/recreat/biologiam/interaccion.htm##>).

A las aguas del Pacífico y del Atlántico colombiano han llegado y llegan, a través de diferentes rutas migratorias, varias de las especies de ballenas que conforman el grupo de los rorcuales (Vidal 1990, Cimac 1992, Flórez – González & Capella- Alzueta 1995).

Se ha reportado la presencia de ballenas jorobadas y de ballenas de aleta en el Caribe y en el Pacífico, mientras que para especies como la ballena azul, la ballena de Minke, la ballena de Bryde y la ballena de Sei, solo existen reportes en el Pacífico (Vidal 1990, CIMAC 1992, Flórez – González & Capella- Alzueta 1995).

Aunque las ballenas sean mamíferos marinos que hacen parte integral de la fauna colombiana, son muy pocas las entidades que desarrollan actualmente proyectos de investigación con este grupo.

La Fundación Yubarta ha desarrollado recientemente investigaciones en temas como reproducción, organización social y dinámica de poblaciones de las ballenas jorobadas; la información obtenida se ha divulgado a través de artículos

científicos, documentales, charlas, conferencias, cartillas, catálogos, talleres y turismo de observación.

El grupo SCVS (Seguimiento Corazón Vía Satélite) ha trabajado desde hace 17 años en fisiología cardíaca de diferentes especies de mamíferos marinos con énfasis ballenas jorobadas (Reynolds *et al.* 1986 a, b, Reynolds *et al.* 1987) Aparte de las publicaciones científicas, se ha hecho divulgación a través de radio, televisión, videos, documentales, conferencias públicas y conferencias privadas en varias universidades.

Pese a las actividades de divulgación que se han venido desarrollando, en Colombia es realmente difícil encontrar textos en español que reúnan aspectos generales de la biología de los misticetos (Anexo 1). Más difícil aún, es encontrar medios de divulgación que se apoyen en las nuevas tecnologías y que funcionen como herramientas de educación y divulgación en temas relacionado con misticetos.

De acuerdo con las anteriores revisiones sobre el estado de la divulgación de la biología de los mamíferos marinos y específicamente hacia los misticetos a nivel nacional, es válido plantear propuestas educativas orientadas hacia estos temas apoyadas en las nuevas herramientas tecnológicas; además son varios los aspectos involucrados en la historia natural de este grupo taxonómico que podrían utilizarse como modelo de estudio y de comparación.

### 3. FORMULACION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

#### 3.1 Formulación del problema

En Colombia se han venido desarrollando diferentes proyectos de investigación relacionados con los mamíferos marinos y de forma específica con el suborden Mysticeti; estos proyectos han sido dirigidos, en su mayoría, por pocas fundaciones y grupos de investigación (Cimac 1992, Florez – González & Capella, Alzueta 1995, Vidal 1990, Reynolds com. pers.).

La historia natural y la biología del suborden Mysticeti se ha divulgado ampliamente a nivel mundial, en libros, cartillas, manuales de campo, videos y documentales, pero en Colombia es difícil encontrar textos divulgativos sobre estos temas (Anexo 1).

No existe en el país un sistema de divulgación en español, que utilice nuevas herramientas tecnológicas (como los DVD o los CD Rom) y que trate estos temas a través de estrategias adecuadas de lenguaje, enfocadas hacia un público que no esté familiarizado con el lenguaje científico.

Tomando como base los puntos mencionados anteriormente, se propuso desarrollar una herramienta de divulgación (aplicación de multimedia), sobre diferentes aspectos de la biología de las ballenas y evaluarla en un público infantil y juvenil; esto con el apoyo de un grupo interdisciplinario.

El problema de investigación se puede resumir en la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la receptividad de un público infantil y juvenil hacia una aplicación de multimedia, cuyo tema central es la biología del suborden Mysticeti (CETACEA)?

El trabajo realizado constituye la primera aproximación hacia un proyecto que el grupo SCVS (Seguimiento Corazón Vía Satélite) busca mantener en desarrollo y que tiene como objetivos a largo plazo continuar la evaluación, optimización y actualización de la herramienta creada.

### **3.2 Justificación**

Es necesario divulgar de una manera simple y clara la información obtenida a través de investigaciones científicas, con el fin que personas que no están familiarizadas con los temas tratados o con el lenguaje científico puedan conocer e interesarse por los proyectos que se están realizando en Colombia.

El suborden Mysticeti reúne varias especies que se consideran carismáticas y que atraen el interés de niños y jóvenes, por lo que pueden constituir un buen tema para tratar en un proyecto de divulgación de ciencias biológicas.

Se trata de un grupo taxonómico limitado a determinadas zonas geográficas del país que no son de fácil acceso, por lo que se hace importante generar estrategias de divulgación que aproximen a las personas a estas especies, con el fin de que las conozcan y puedan proteger de manera directa o indirecta su hábitat.

Es necesario explorar el uso de recursos como la multimedia, como herramienta para complementar la educación en ciencias biológicas que se obtiene en las aulas.

Otro aspecto de gran importancia es la necesidad de promover y evaluar en Colombia el uso de nuevas tecnologías que puedan funcionar como herramientas de divulgación, educación y consulta en diferentes áreas de la ciencia.

En el gremio de los biólogos, es fundamental crear conciencia de que la ciencia y la difusión de la misma, no son elementos separados, es decir no tiene sentido hacer investigación si no se divulga a través de diferentes estrategias.

Pensando en una visión hacia el futuro, es muy importante integrar el conocimiento desarrollando proyectos e investigaciones que involucren varias disciplinas.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

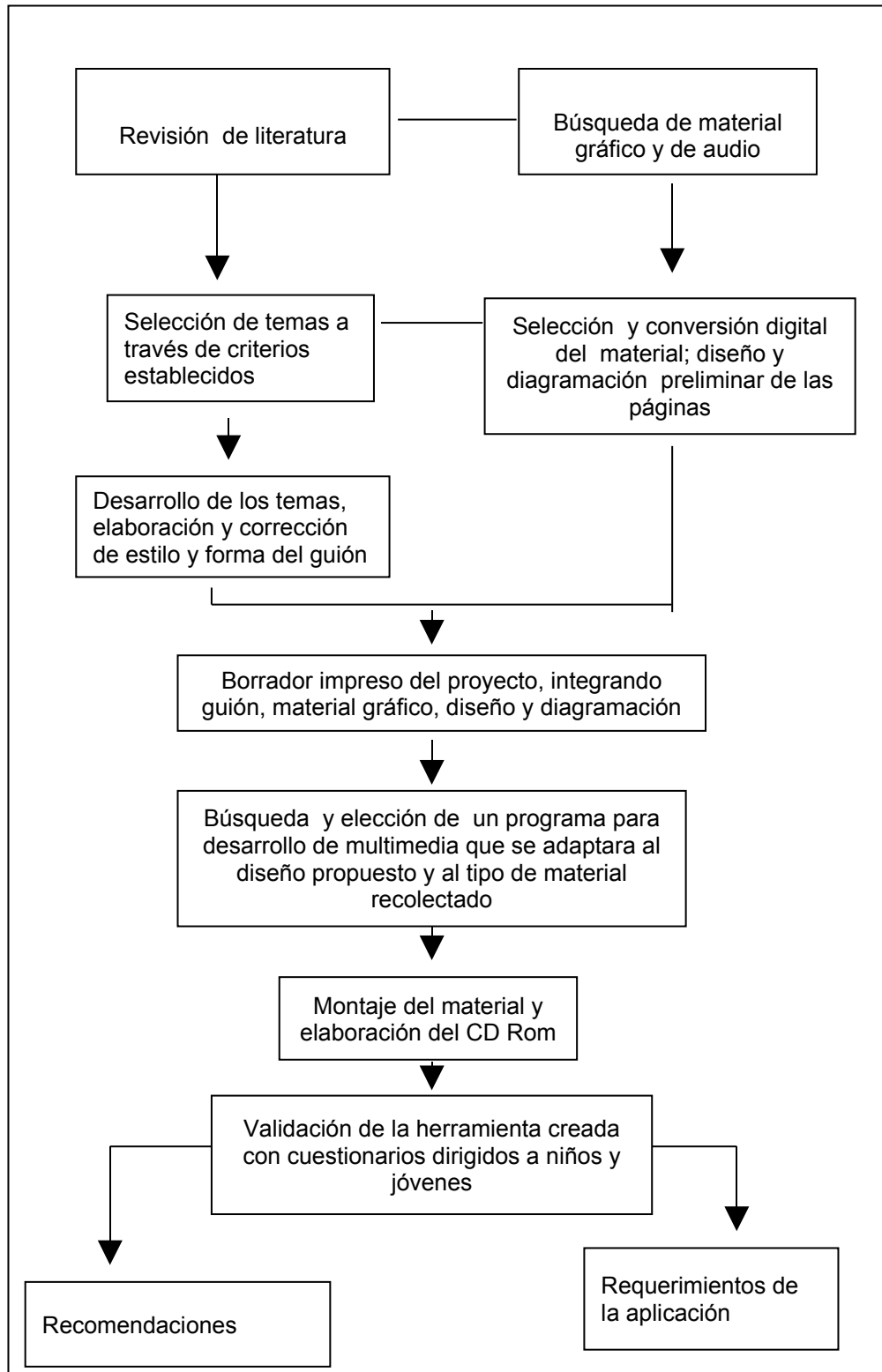
Diseñar una aplicación de multimedia que tenga como tema central diferentes aspectos de la biología del suborden Mysticeti (CETACEA) y evaluarla en un público infantil y juvenil.

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Seleccionar algunos temas de la biología del suborden Mysticeti a través de criterios definidos por medio de la revisión bibliográfica.
2. Desarrollar los temas, a través de estrategias adecuadas de lenguaje y estilo, en un guión que resulte fácilmente comprensible.
3. Elaborar, con el apoyo de personas que trabajan en varias disciplinas (biología, pedagogía, diseño gráfico, ingeniería de sistemas), una aplicación de multimedia que reúna videos, sonidos, animaciones, fotografías y el guión previamente desarrollado.
4. Evaluar aspectos como el conocimiento previo sobre el grupo taxonómico, la receptividad hacia los textos, el manejo de la aplicación de multimedia y la comprensión de los temas tratados, a través de cuestionarios dirigidos a niños y jóvenes.

## 5. METODOLOGIA

Se presenta a continuación (Figura 5.1) un esquema de la metodología aplicada.



**Figura 5.1.** Esquema general de la metodología aplicada para la realización del proyecto

### 5.1 Selección de temas y elaboración del guión

A través de una revisión bibliográfica se elaboró un listado de los temas preliminares que podrían tratarse en el CD Rom.

Posteriormente se establecieron criterios (Tabla 5.1) acordes a los objetivos del proyecto y al tipo de público al que iba dirigido, que permitieran seleccionar de ese listado preliminar los temas que debían desarrollarse en el guión del CD Rom.

**Tabla 5.1** Criterios utilizados para seleccionar los temas que constituyeron el guión

1. Temas relacionados con adaptaciones de misticetos al medio acuático en términos de fisiología, anatomía o comportamiento.
2. Temas que pudieran ser explicados a la luz de conceptos básicos de biología.
3. Temas que involucraran aspectos propios del suborden (Mysticeti) y que lo diferenciara de otros grupos de mamíferos.
4. Temas que pudieran ser explicados de manera general a través de textos cortos
5. Temas que no implicaran para su explicación el uso excesivo de terminología especializada.
6. Conceptos que pudieran generalizarse para la mayor parte de especies que constituyen el suborden Mysticeti.
7. Temas sobre los cuales exista suficiente información disponible

Partiendo de los temas seleccionados se elaboró un texto escrito a manera de notas o párrafos cortos, siguiendo los criterios sugeridos por Phillips & Di Giorgio (1997); todos los párrafos fueron sustentados por bibliografía.

Para evaluar el contenido del guión, el texto fue sujeto a revisión por parte de biólogos marinos y biólogos no relacionados con ciencias del mar.

Para evaluar, de manera preliminar, el tipo de lenguaje utilizado y la forma del guión, los textos fueron revisados por personas no familiarizadas con el lenguaje científico ni con la biología del suborden Mysticeti.

## **5.2 Selección de material, diseño y diagramación**

La selección de temas permitió a su vez la selección de material gráfico y de audio que sirviera de apoyo para el texto y que facilitara la comprensión de los temas tratados.

Las fotografías utilizadas se tomaron en su mayoría de libros cuyos autores han intercambiado material con el grupo SCVS para fines no comerciales.

La música escogida es del compositor colombiano Oscar Acevedo quien autorizó para su uso con fines no comerciales.

Los videos corresponden a una grabación realizada en Hawai por la Whale Research Foundation; estas tomas fueron enviadas al grupo SCVS con autorización de su uso de forma no comercial.

La pintura de la carátula fue creada de manera original para el CD Rom por el pintor Germán Tassarolo.

#### 5.2.1 Tratamiento del material seleccionado

El material gráfico y de audio fue transformado a formatos digitales que generaran archivos de bajo tamaño y fácil ejecución.

Las fotografías se escanearon a través de un Scanner Genius Color-page Vivid Pro II a una resolución de 100 – 200 pixeles y se editaron a través del programa Photo Impact SE.

Los videos se digitalizaron en el laboratorio de ingeniería eléctrica de la Universidad de los Andes a través del programa Video Studio 4.0 y se editaron a través del programa Adobe Premier versión 4.2; esto con la asesoría de ingenieros del laboratorio.

La música se digitalizó a través del programa MP3 Compressor.

#### 5.2.2 Diseño y diagramación preliminares

Con la asesoría de un diseñador gráfico y de acuerdo a criterios propuestos por Phillips & Di Giorgio (1997), se creó a través del programa Corel Draw (versión 9.0), el diseño preliminar de las páginas, acorde al número de temas seleccionados, la longitud de los textos, las tomas de video y el número y tamaño de las fotografías. Se creó también el diseño preliminar de la portada y de la guía que acompaña el CD Rom.

Por último se definieron criterios iniciales de navegación haciendo énfasis en los aspectos que pueden evitar la desorientación de los usuarios y que son sugeridos por autores como Senn & Horton (1996).

### **5.3 Elección del programa de multimedia y montaje del CD Rom**

Las animaciones y el montaje del CD Rom se realizaron a través del programa de Macromedia Director 8.0, esto con la asesoría de un biólogo con amplios conocimientos en desarrollo de multimedia y programación, y un ingeniero de sistemas.

El programa Director 8.0 permite hacer presentaciones, sitios en internet y programas para educación y entretenimiento; resultó de gran utilidad para el desarrollo del proyecto, ya que permite incluir en las aplicaciones sonido, texto, animaciones, gráficos y videos digitales a través de un lenguaje de programación accesible.

El montaje se realizó en la sede del grupo SCVS en Bogotá en un equipo Compaq con procesador Pentium, con 128 MB (Megabytes) de RAM y un disco duro de 15 GB (Gigabytes) de capacidad. Estas características, fueron fundamentales para el manejo ágil de los diferentes recursos que se utilizan para crear multimedia.

La primera parte del proceso de montaje consistió en importar el material (fotos, videos, sonidos) previamente digitalizado (Figura 5.2).

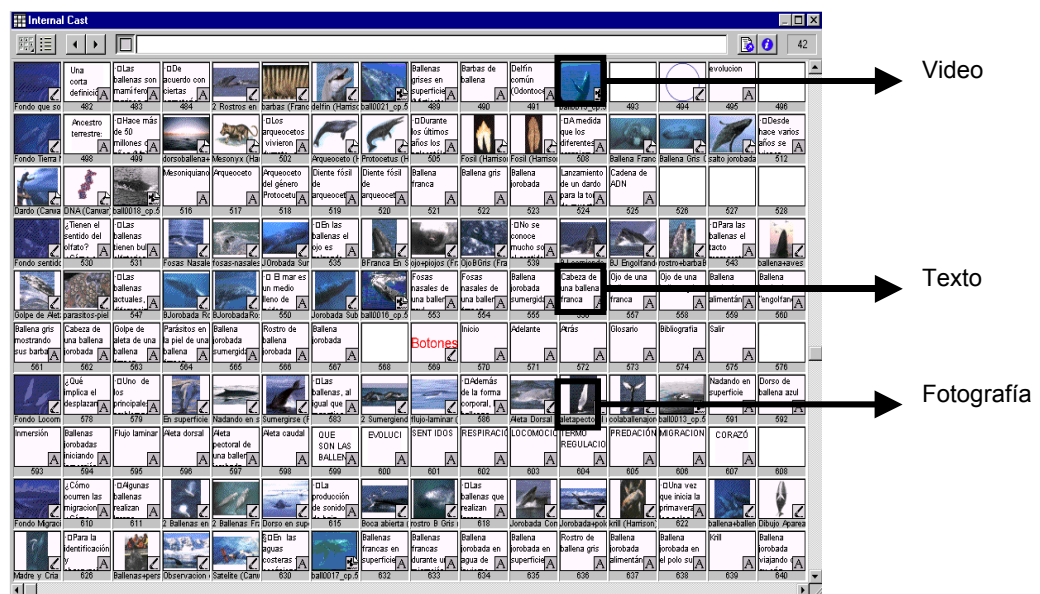
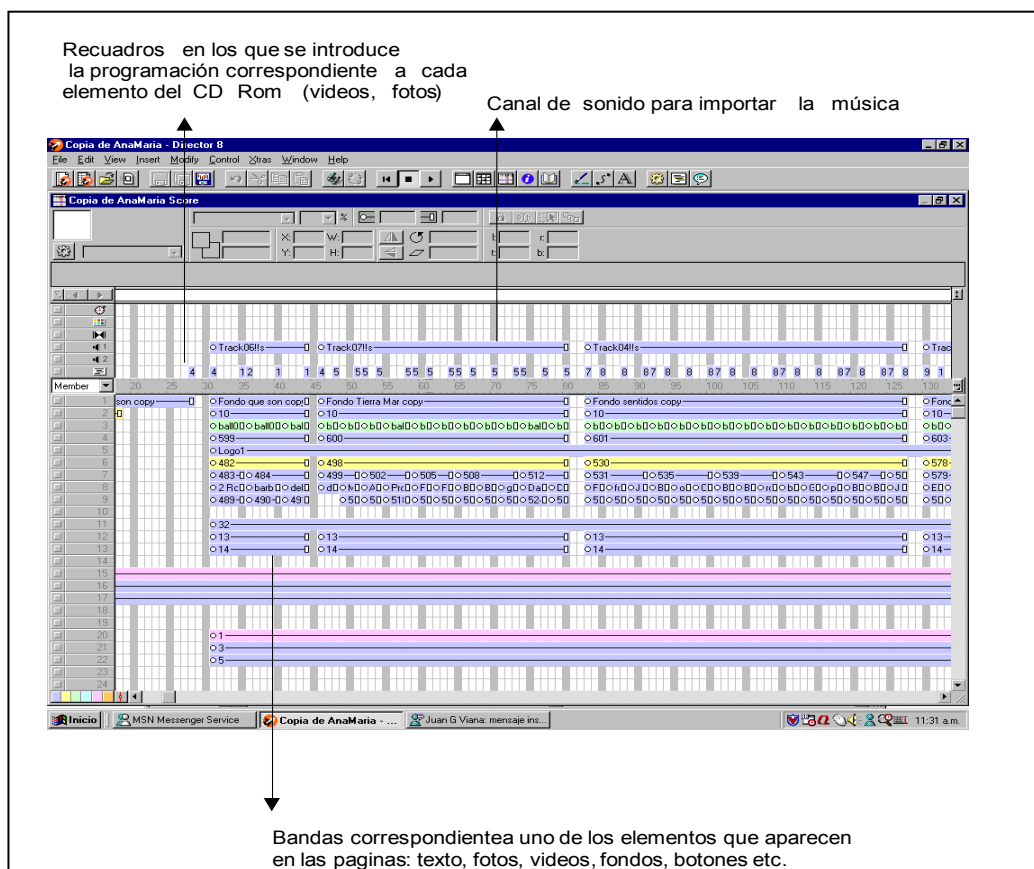


Figura 5.2. Sistema de almacenamiento de información del programa Director 8.0

Una vez importado el material se hizo la programación a través de “Lingo”, el lenguaje de programación del Director 8.0 (Figura 5.3); esto con el fin de determinar el comportamiento de los videos, las fotografías, los sonidos, la animación inicial, los diferentes enlaces, los textos y los botones de navegación.



**Figura 5.3** Lugar en el que se realiza la programación de los diferentes elementos en el programa Director 8.0

#### 5.4 Validación de la herramienta educativa creada

Para validar diferentes aspectos del CD Rom se realizaron dos tipos de muestreo apoyados en cuestionarios.

El primero de ellos se realizó en la Feria del Libro y evaluó aspectos relacionados con la funcionalidad de la aplicación, los textos y los temas, así como aspectos relacionados con el conocimiento previo sobre la biología general del grupo taxonómico, con el fin de conocer los vacíos existentes.

El segundo tipo de muestreo permitió comparar el conocimiento adquirido por estudiantes de dos colegios de la capital, sobre preguntas de selección múltiple, antes y después de observar el CD Rom; también permitió medir la receptividad hacia el manejo, los temas y los textos tratados. A continuación se explican en detalle las dos metodologías utilizadas.

#### 5.4.1 Muestreo en la Feria del Libro, Bogotá Abril 2001

En la sala de informática del Pabellón de la Fundación Rafael Pombo en la Feria del Libro (Bogotá, Abril 2001), se realizó un muestreo aleatorio a través de cuestionarios dirigidos a niños y jóvenes de diferentes colegios. (Anexo 2)

Los días y tiempo de uso de los equipos (22 computadores) estuvieron definidos por la Fundación Rafael Pombo, ya que la sala de informática fue utilizada para desarrollar otras actividades (Anexo 3).

Los estudiantes entraron a la sala de informática de manera espontánea y antes de que tuvieran acceso al CD Rom se les explicó la actividad a la que estaban invitados a participar y se les pidió que respondieran la primera parte del cuestionario.

Cada estudiante permaneció el tiempo que quiso frente al computador y una vez terminada la actividad, se le pidió que respondiera la segunda parte del cuestionario. Esta metodología dio libertad en cuanto a la observación del CD Rom, pero impidió que muchos niños pudieran observarlo porque no había equipos disponibles.

Las preguntas de selección múltiple (1 a 7, primera parte) evaluaron aspectos como el grupo taxonómico al que se asocian los misticetos, el objetivo de las migraciones, las fuentes principales de alimentación, algunos conceptos relacionados con la respiración, la utilidad de la grasa contenida en la piel y los posibles ancestros de estos mamíferos.

La segunda parte del cuestionario (preguntas 8 a 12) evaluó aspectos como el manejo del programa, la forma en que se escribieron los textos, los temas de mayor y menor interés y las motivaciones de los estudiantes frente estas nuevas estrategias educativas.

Autores como Gillham & Buckner (1997), han sugerido evaluar a través de cuestionarios, criterios como: el contenido, la facilidad de navegación, la calidad de los medios visuales, el grado de interactividad y si resulta o no una

experiencia satisfactoria. De acuerdo con este tipo de criterios, se elaboraron las preguntas correspondientes a la segunda parte de encuesta.

#### 5.4.2 Muestreo en dos colegios de la capital

Esta parte del proyecto se desarrolló en la sala de sistemas de los colegios Calasanz y Cardenal Pacelli de Bogotá y evaluó la comprensión de los temas tratados en el CD Rom y la receptividad de los niños hacia el manejo del programa, los textos y los temas.

El tipo de muestreo que se aplicó a la población fue un modelo no probabilístico, de tipo estratégico, en el que la población muestreada respondió a criterios subjetivos y consistió en la búsqueda y selección de casos representativos, acordes a los objetivos del proyecto (Ancora 1999).

El indicador fue una encuesta similar a la utilizada en el caso anterior (Anexo 4), pero con un incremento en el número de preguntas de selección múltiple que abarcaron temas como la locomoción y algunos aspectos del cuidado materno hacia las crías.

#### Población de estudio

La población estuvo constituida por 89 niños del colegio Calasanz de los cursos 6° y 7° con un rango de edad que osciló entre 11 y 14 años y 13 niñas del colegio Cardenal Pacelli de los cursos 8° , 9° 10° y 11° y un rango de edad de 14 a 17 años.

Los estudiantes fueron invitados a participar en un taller dirigido, en el que se les explicó el tipo de actividad que iban a realizar y se les pidió que visitaran todos los temas del CD Rom durante 45 minutos.

En el colegio Calasanz el número de computadores de la sala de sistemas fue 22 y por este motivo en cada uno de los cursos se realizó la actividad en parejas, pidiendo a los estudiantes que intercambiaran el uso del “mouse”.

En el colegio Cardenal Pacelli cada niña tuvo acceso a un computador.

El tamaño de las muestras se vio determinado por aspectos como el número de computadores, la disponibilidad de la sala de sistemas y la disponibilidad de tiempo de los estudiantes y de los profesores de sistemas y de biología.

#### Prueba antes - después

Para evaluar el grado de comprensión de los temas tratados, fue necesario aplicar una prueba antes - después (Ancora 1999).

En el salón de clase cada uno de los estudiantes respondió de manera independiente nueve preguntas de selección múltiple y una vez finalizada la actividad, se les pidió que salieran del programa y respondieran (también de manera independiente) las mismas preguntas y la segunda parte del cuestionario.

Por dificultades de tiempo las estudiantes del Colegio Cardenal Pacelli no respondieron la segunda parte del cuestionario.

## **5.5 Recolección y análisis de la información**

### **5.5.1 Datos obtenidos del muestreo en la Feria del Libro**

Los datos obtenidos de las preguntas de selección múltiple (1 a 7) se tabularon y con el fin de obtener las frecuencias de las diferentes respuestas para cada pregunta.

Los datos de las preguntas 8 y 9 se tabularon como afirmaciones o negaciones y los criterios con los que los estudiantes explicaron sus respuestas, se organizaron y tabularon en tablas de porcentajes observados.

Los datos de las preguntas 10 y 11 se tabularon con el fin de establecer los porcentajes de cada respuesta (tema).

Las respuestas para la pregunta 12 se tabularon como afirmaciones o negaciones con sus respectivos porcentajes asociados.

Para las observaciones y sugerencias se agruparon las repuestas dadas en categorías con sus respectivos porcentajes.

### **5.5.2 Datos obtenidos en los colegios Calasanz y Cardenal Pacelli**

En la primera parte del análisis, los datos se tabularon con el fin de calcular las frecuencias correspondientes a las respuestas dadas a cada una de las nueve preguntas, antes y después de ver el CD Rom.

Posteriormente se aplicó una prueba de McNemar con el fin de medir la significancia en el incremento de respuestas correctas, después de ver el CD Rom.

La prueba de cambio de McNemar se utiliza para muestras dependientes, en las que cada sujeto actúa como su propio control (Siegel & Castellan 1995); es equivalente a la  $t$  de Student y permite medir los cambios que se observan en una población, solamente cuando existen dos momentos: antes – después (Serna 1991, Siegel & Castellan 1995).

La prueba se ajustaba perfectamente al diseño propuesto, es decir medir los cambios observados en el conjunto de respuestas correctas, que la misma población de estudiantes dio, antes y después de observar la aplicación de multimedia.

El estadístico de McNemar permitió establecer si hubo o no, variación significativa al comparar los datos antes - después; la fórmula aplicada fue la siguiente (Serna 1991, Siegel & Castellan 1995):

$$\frac{[(A-D)-1]^2}{A+D}$$

donde        A = Número de individuos cuyas respuestas fueron correctas en la primera medición e incorrectas en la segunda

y                D = Número de individuos cuyas respuestas fueron incorrectas en la primera medición y correctas en la segunda

Los datos relacionados con el manejo del programa y la comprensión de temas se tabularon en tablas de porcentajes observados, al igual que los temas de mayor interés y la motivación de aprender ciencias a través de propuestas similares.

## 6. RESULTADOS Y ANALISIS

### 6.1 Selección de temas

El listado de temas preliminares (Tabla 6.1) fue sujeto a revisión de acuerdo a los criterios establecidos (Tabla 5.1).

**Tabla 6.1** Listado de temas preliminares

1. Evolución (Posibles ancestros, visión molecular y paleontológica)
2. Sistemática (Relaciones entre los miembros del suborden y en relación con otros grupos de mamíferos)
3. Patrones y mecanismos de respiración (Generalidades)
4. Órganos de los sentidos
5. Osmorregulación (Adaptaciones a nivel del riñón y orina)
6. Termorregulación (Estrategias para controlar la temperatura corporal)
7. Sistema nervioso (Adaptaciones a nivel de los nervios asociados a los sentidos)
8. Sistema digestivo (Generalidades)
9. Sistema músculo – esquelético (Generalidades)
10. Características del corazón (Tamaño, función, estudios realizados en Colombia)
11. Mecanismos de locomoción (Generalidades)
12. Estrategias de alimentación
13. Patrones de distribución de las especies
14. Reproducción (Generalidades)
15. Organización social

Se escogieron, para tratar de manera independiente, los temas contenidos en la tabla 6.2.

**Tabla 6.2** Listado de temas seleccionados

1. ¿Qué son las ballenas? *
2. Evolución
3. Sentidos
4. Locomoción
5. Migraciones
6. Respiración
7. Termorregulación
8. Características del corazón
9. Depredación
10. Ejemplos
(*) Este tema no estuvo sujeto a selección

## 6.2 Guión: correcciones a nivel conceptual y formal

El desarrollo de los temas seleccionados llevó a la creación del guión (Anexo 5). Las versiones iniciales del guión fueron sujetas a revisión en el ámbito conceptual y formal por parte de un biólogo con formación doctoral en fisiología y un biólogo marino. Los resultados de esas revisiones llevaron a reestructurar y corregir errores conceptuales en el tema de “Termorregulación”, ampliar y hacer más específicas la definición y las características del suborden Mysticeti en el tema “¿Qué son las ballenas?”, omitir consideraciones subjetivas en el tema “Sentidos”, delimitar mejor las adaptaciones propias del suborden y utilizar un lenguaje más sencillo para explicar el concepto de red admirable en el tema “Respiración”.

El guión fue leído de manera preliminar por personas de diferentes disciplinas, las cuales emitieron conceptos sobre el lenguaje utilizado en el guión, que oscilaron entre sencillo y muy sencillo (tabla 6.3).

**Tabla 6.3** Concepto emitido por diferentes profesionales sobre el lenguaje utilizado en el guión.

Profesión	Edad	Lenguaje Utilizado			
		Muy sencillo	Sencillo	Difícil	Muy difícil
Estudiante de biología marina	24		x		
Arquitecta	30	x			
Matemático	44		x		
Ingeniero de sistemas	37		x		
Técnologa en cardiología		x			
Productora de Televisión	25		x		

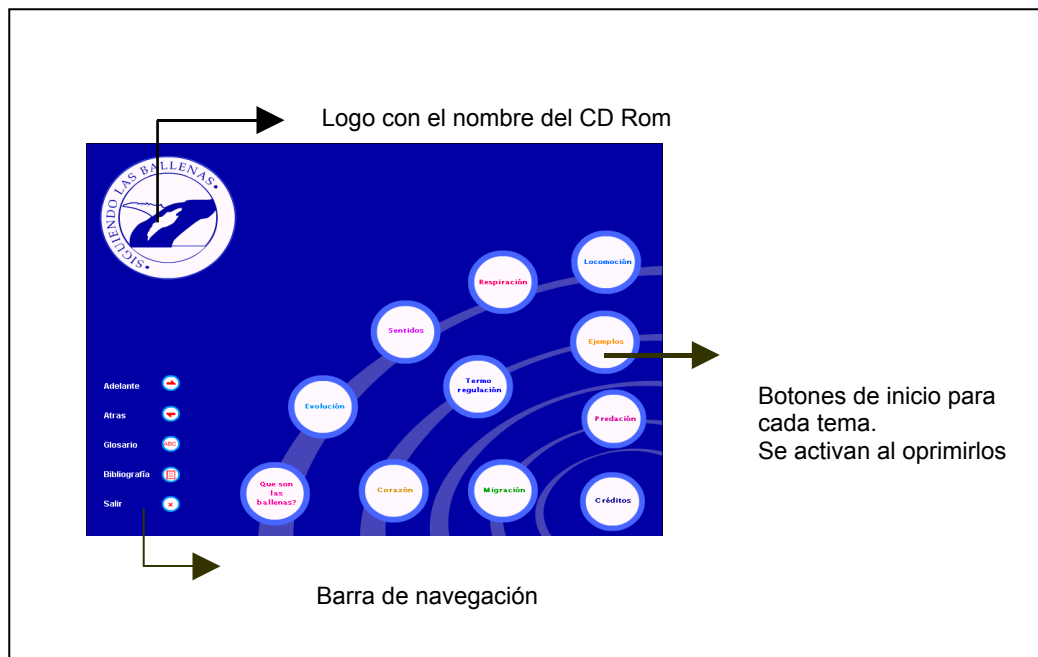
## 6.3 Diagramación y navegación

Los elementos que se definieron para la estructura del CD Rom fueron los siguientes:

- Animación inicial con el título del CD Rom, paso obligatorio por la página de créditos y animación que lleva a la página principal
- Pagina principal (que contiene los enlaces a todos los temas)

- Páginas para cada uno de los 10 temas
- Página de bibliografía (Contiene referencias bibliográficas, videos sugeridos, enlaces directos a internet)
- Página del glosario

A continuación (Figura 6.1 a, b, c, d) se muestran los criterios de diseño, diagramación y navegación que se establecieron para el CD Rom.



**Figura 6.1 a** Página principal del CD Rom

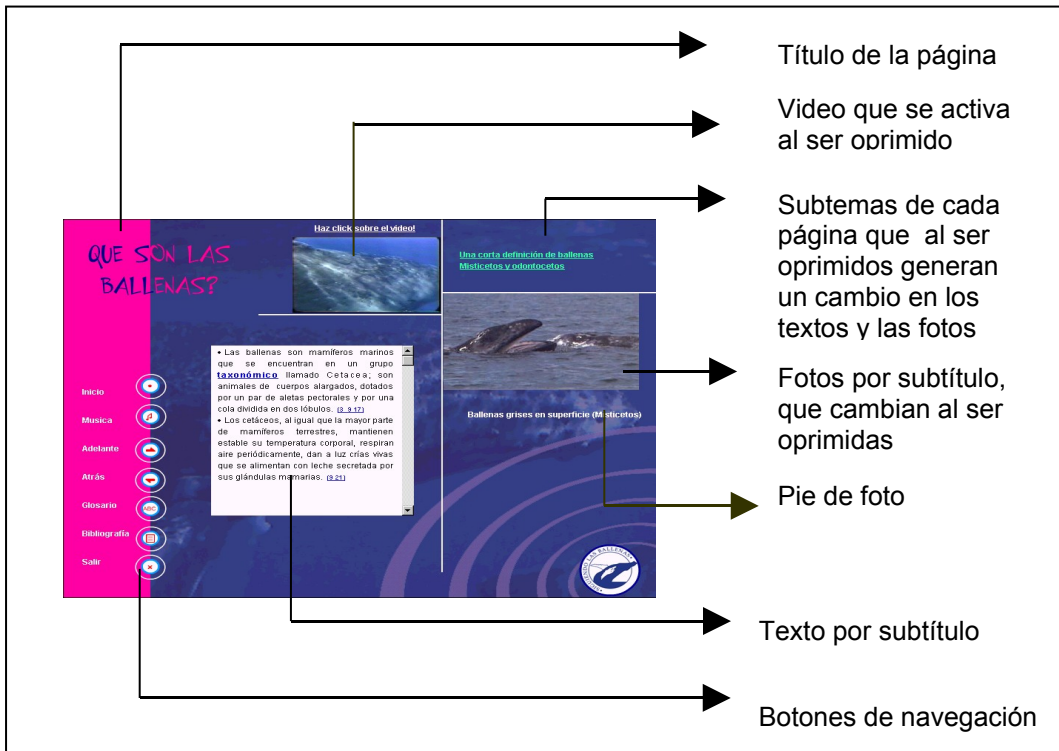


Figura 6.1 b Formato modelo para cada una de las páginas que contienen un tema en el CD Rom

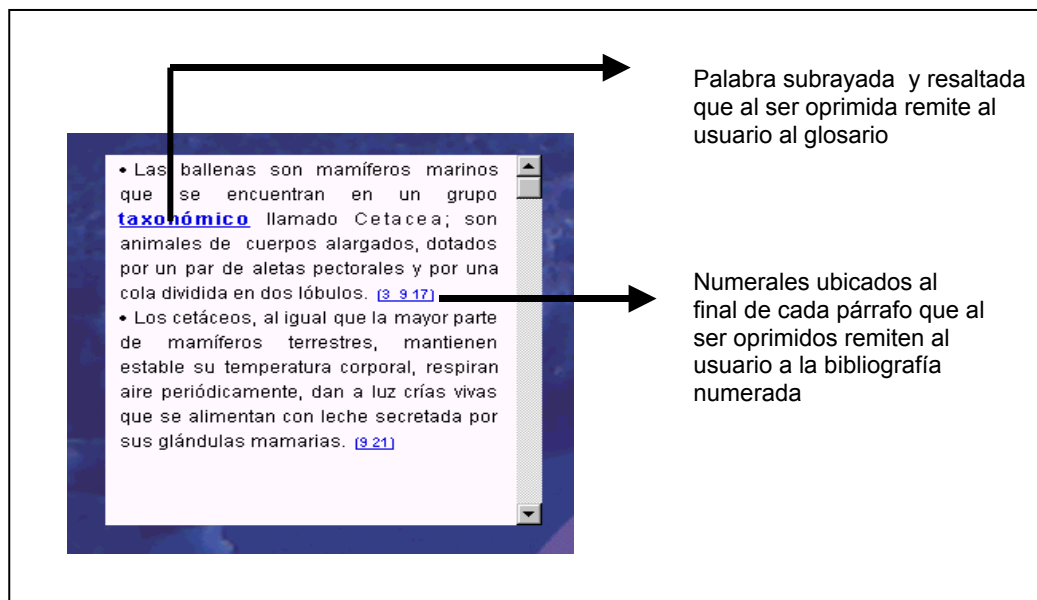
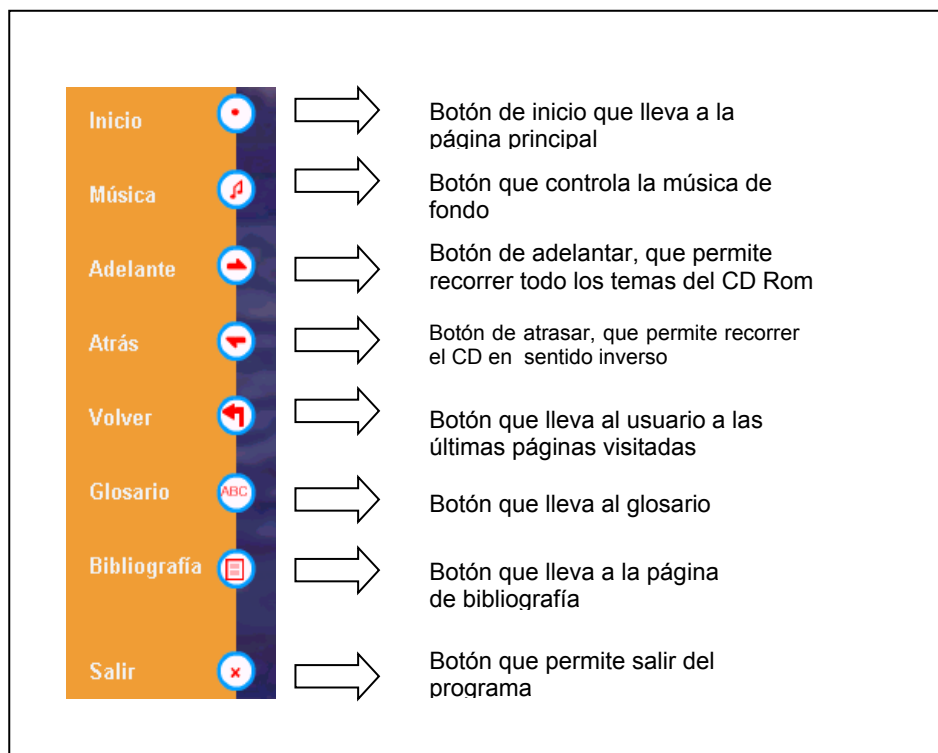


Figura 6.1 c Detalle del texto de una de las páginas



**Figura 6.1d** Detalle de los botones de navegación

## 6.4 Validación del material

### 6.4.1 Muestreo en la Feria del Libro Abril 2001

#### Características de la muestra

El número de estudiantes que constituyó la muestra fue de 179 en un rango de edad que osciló entre 8 y 19 años y un rango de grado cursado que osciló entre 4° de primaria y undécimo. Los resultados revelaron que el número de colegios a los cuales pertenecían los diferentes estudiantes fue de 50 (Tabla 6.4 a, b c).

**Tabla 6.4.** Características de la muestra: (a) Número y nombres de los colegios, (b) Edades y frecuencia de estudiante por edad, (c) Cursos y frecuencia de estudiantes por curso

(a)		(b)		
<b>Colegios (n= 50)</b>		<b>Edad</b>	<b>Total</b>	<b>Frecuencia</b>
ACT	Gimnasio Los Cerros	8	1	0.006
Alberto Lleras	Nueva Villa de Mayo	9	1	0.006
Alfonso Lopez Pumarejo	Inlaterra Real	10	6	0.034
Almirante Padilla	Interamericano	11	9	0.050
Alpes	IPARM	12	22	0.123
Antonio Nariño	Liceo Oxford	13	41	0.229
Atanacio Girardot	Los Alpes	14	24	0.134
Bernardo Jaramillo	Manuel del Socorro	15	32	0.179
Brasilia	Matorelle	16	30	0.168
Bravo Paez	Miguel del Cervantes	17	8	0.045
Cedid Cazuca	Nmundo Nuevo	18	2	0.011
Cedid Guillermo Cano	NFA	19	1	0.006
CEDMSA	Nueva Gloria	No contestó	2	0.011
CEPAM	Oblatas	<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>1.000</b>
CGC	Presentación	(c)		
CGNOI	Reino de Holanda	<b>Cursos</b>	<b>Total</b>	<b>Frecuencia</b>
CMC	Restrepo Millán	4	2	0.01
Cooperdomo	Ricaurte	5	4	0.02
DSF	San Carlos	6	18	0.10
Enrique Olaya Herrera	San Francisco	7	24	0.13
Erasmus de Rotterdam	Santa Teresa de Jesús	8	45	0.25
ETB	Sunza Pawa	9	30	0.17
Gimnasio Irgera	Superior Americano	10	37	0.21
Gimnasio los Andes	Tirso de Molina	11	15	0.08
	Toscana	No contestó	4	0.02
	Villa Maria	<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>1.00</b>

Primera fase del muestreo: Medición del estado del conocimiento a través de preguntas de selección múltiple

En la tabla 6.5 se resumen los resultados obtenidos a través de la primera fase del muestreo.

Las preguntas No. 1, 2 y 3 tuvieron las frecuencias más elevadas para las respuestas correctas, mientras que en las preguntas No. 5, 6, y 7 se obtuvieron frecuencias muy bajas en las respuestas correctas.

**Tabla 6.5** Frecuencia de respuestas para cada una de las siete preguntas cerradas del cuestionario. (Aparecen resaltadas en azul las frecuencias correspondientes a la respuesta correcta).

Pregunta	Respuestas posibles	Total	Frecuencia
<b>1</b> Las ballenas son un grupo de: ____	a Mamíferos	134	0.749
	b Peces	15	0.084
	c Grandes invertebrados marinos	27	0.151
	d Ninguna de las anteriores	3	0.017
<b>2</b> Las ballenas realizan migraciones para: ____	a Buscar alimento y lugares para reproducirse	147	0.826
	b Huir de los depredadores	17	0.096
	c Seguir grupos de delfines	9	0.051
	d Otros	5	0.028
<b>3</b> Las ballenas se alimentan de: ____	a Diferentes especies de delfines	9	0.051
	b Algas marinas	29	0.164
	c Peces pequeños y crustáceos	126	0.712
	d Otros	13	0.073
<b>4</b> El chorro de vapor que producen las ballenas es: ____	a Una exhalación	102	0.593
	b Una manera de eliminar agua del cuerpo	57	0.331
	c Un mecanismo de agresión	9	0.052
	d Un juego	4	0.023
<b>5</b> Para respirar las ballenas utilizan: ____	a Pulmones	66	0.373
	b Branquias	75	0.424
	c Piel	21	0.119
	d Ninguna de las anteriores	15	0.085
<b>6</b> La gruesa capa de grasa contenida en la piel de las ballenas sirve para: ____	a Acumular alimento	47	0.269
	b Flotar	43	0.246
	c Defenderse de los depredadores	16	0.091
	d b y c son correctas	69	0.394
<b>7</b> Los ancestros antiguos de las ballenas eran: ____	a Peces mandibulados	46	0.275
	b Ictiosaurios	27	0.162
	c Mamíferos terrestres	39	0.234
	d Ninguna de las anteriores	55	0.329

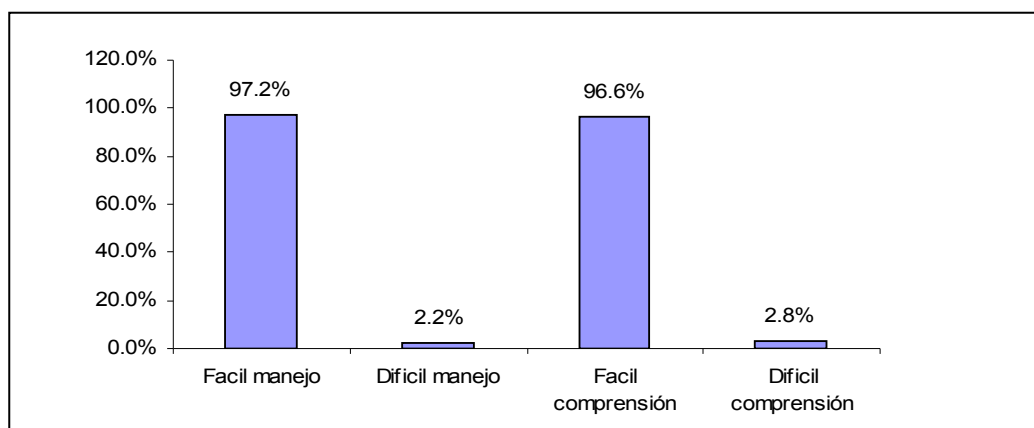
n = 179

La tabla 6.5 revela, además de las frecuencias, el número de estudiantes que, sobre un total de 179, dejó de responder alguna pregunta. Para la pregunta número 7, 12 estudiantes se abstuvieron de contestar; para las otras preguntas el rango de estudiantes que se abstuvo de contestar osciló entre 1 y 5.

Segunda fase del muestreo: Medición de la receptividad del público hacia la herramienta creada

Esta fase se caracterizó por la aplicación de la segunda parte de la encuesta, una vez que los estudiantes tuvieron acceso al CD Rom.

El 97.2 % de los estudiantes respondió que el programa era fácil de manejar y el 96.6 % respondió que los textos eran fácilmente comprensibles (Figura 6.2).



**Figura 6.2.** Porcentaje de estudiantes que respondió de manera afirmativa o negativa a las preguntas sobre el manejo del programa y la comprensión de los textos (n = 179).

Los criterios utilizados por los estudiantes para definir el por qué de la facilidad o dificultad en la comprensión de los textos se resumen en las tablas 6.6 a y 6.6 b; de igual manera las tablas 6.7 a y 6.7 b reúnen los criterios que los encuestados utilizaron para explicar el porqué de la facilidad o dificultad de manejar el programa.

**Tabla 6.6** Categorías creadas para los criterios con los que los estudiantes explicaron (a) el porqué de la facilidad de comprender los textos, (b) la dificultad de comprender los textos.  
n = 179

	Conceptos sobre la facilidad en la comprensión de temas	Total	Porcentaje
a	Los temas están bien explicados	82	45,8%
	Los temas son claros y además cuentan con ayudas visuales	24	13,4%
	El lenguaje es sencillo	24	13,4%
	Los temas son fáciles porque tienen conceptos conocidos	7	3,9%
	Los temas son fáciles de comprender porque tienen un glosario que los apoya	10	5,6%
	Les pareció sencillo pero no explicaron porqué	27	15,1%

b

Conceptos sobre la dificultad en la comprensión de temas	Total	Porcentaje
Los temas son muy largos y eso los hace difíciles de leer	1	0,6%
El lenguaje es complicado	4	2,2%

n = 179

**Tabla 6.7** Categorías creadas para los criterios con los que los estudiantes explicaron (a) el porqué de la facilidad de manejo del programa, (b) la dificultad en el manejo.

a

Conceptos sobre la facilidad de manejar el programa	Total	Porcentaje
CD Rom está bien estructurado	6	3,4%
Tiene bastantes indicaciones	65	36,3%
Es fácil cambiar de página	7	3,9%
Ya sabía usar programas similares	5	2,8%
Es didáctico	28	15,6%
Rápido	1	0,6%
Práctico	4	2,2%
Les pareció sencillo de manejar pero no explicaron el porqué	58	32,4%

n = 179

b

Conceptos sobre la dificultad de manejar programa	Total	Porcentaje
Es difícil buscar la información	1	0,6%
Es difícil encontrar las páginas	1	0,6%
Es difícil navegar	1	0,6%
Le pareció difícil pero no explicó porqué	1	0,6%

n = 179

Para la pregunta sobre el tema de mayor interés se obtuvieron los porcentajes más elevados (14%) para los temas de evolución y migraciones (Tabla 6.8), sin embargo todos los temas resultaron de interés y fueron mencionados en las respuestas con frecuencias que oscilaron entre 2 y 13%.

**Tabla 6.8** Porcentajes obtenidos sobre los temas de mayor interés

Tema de mayor interés	Respuestas	Porcentaje
Corazón	18	10.1%
Depredación	20	11.2%
Ejemplos	9	5.0%
Evolución	25	14.0%
Locomoción	4	2.2%
Migraciones	25	14.0%
¿Qué son las ballenas?	9	5.0%
Respiración	23	12.8%
Sentidos	20	11.2%
Termorregulación	3	1.7%
Todos	15	8.4%
No contestó	8	4.5%

n = 179

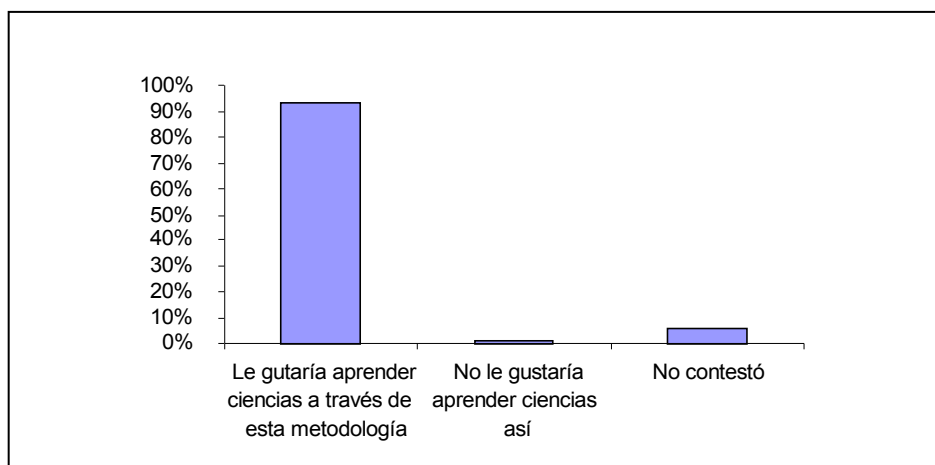
En la pregunta sobre los temas de menor interés, la respuesta que obtuvo el porcentaje más elevado fue la de “ninguno”; todos los temas fueron mencionados en las respuestas con unos porcentajes que oscilaron entre el 0.6 y el 8 %. (Tabla 6.9).

**Tabla 6.9** Porcentajes obtenidos sobre los temas de menor interés

Tema de menor interés	Respuestas	Porcentaje
Corazón	10	5.6%
Depredación	14	7.8%
Ejemplos	6	3.4%
Evolución	1	0.6%
Locomoción	8	4.5%
Migraciones	8	4.5%
¿Qué son las ballenas?	2	1.1%
Respiración	8	4.5%
Sentidos	1	0.6%
Termorregulación	5	2.8%
Glosario	2	1.1%
Créditos	9	5.0%
Ninguno	104	58.1%
No contestó	1	0.6%

n = 179

Los resultados que ofrecen las encuestas sobre el interés de los estudiantes de aprender ciencias a través de este tipo de herramientas educativas (Figura 6.3), revelan que el 93% de los estudiantes estarían interesados en aprender ciencias con esta metodología.



**Figura 6.3** Porcentaje de estudiantes que están o no interesados en aprender ciencias a través de este tipo de metodología (n = 179).

En la tabla 6.10 se resumen las observaciones y sugerencias que hicieron los estudiantes después de ver el CD Rom.

**Tabla 6.10** Observaciones hechas por los estudiantes

n = 179

Observaciones y sugerencias	Total	Porcentaje
Buen servicio a la comunidad	1	0.6%
Se aprende del tema y del manejo de computadores al mismo tiempo	1	0.6%
Es más fácil aprender así	18	10.1%
Es una forma divertida de aprender	7	3.9%
Los temas tenían un buen desarrollo	7	3.9%
Es un material que complementa la información de los libros	1	0.6%
Es un buen programa	2	1.1%
Tiene excelente información educativa	3	1.7%
Sería importante agregar mas animaciones	1	0.6%
Sería util ampliar los videos y las fotos al orpimirlos	1	0.6%
Sería importante ampliar el tamaño de la letra	1	0.6%
Es necesario hacer CDs interactivos sobre otras especies	1	0.6%
Haría falta indicar como proteger el hábitat de estos animales	1	0.6%
Sería bueno que este tipo de herramientas llegara a varios colegios	4	2.2%
No contestó	130	72.6%

## 6.4.2 Muestreo en el Colegio Calasanz (Bogotá)

Prueba antes después aplicada al curso 6ª

La tabla 6.11 resume los resultados del muestreo en términos de frecuencias sobre las respuestas que dieron los estudiantes a cada una de las preguntas de selección múltiple antes y después de ver el CD Rom.

**Tabla 6.11** Frecuencias observadas para las respuestas dadas antes y después. En la tabla aparecen resaltados los valores correspondientes a las respuestas correctas con sus respectivos  $\chi^2$  calculados

A = Número de individuos cuyas respuestas fueron correctas en la primera medición e incorrectas

Pregunta	Respuestas posibles	Frecuencia observada antes de ver el CD	Frecuencia observada después de ver el CD	A	D	$\chi^2$
1 Las ballenas son un grupo de: ____	a Mamíferos	0,87	1	0	6	8,17
	b Peces	0,04	0			
	c Grandes invertebrados marinos	0,09	0			
	d Ninguna de las anteriores	0,00	0			
2 Las ballenas realizan migraciones para: ____	a Buscar alimento y lugares para reproducirse	0,91	1	0	5	7,20
	b Huir de los depredadores	0,05	0			
	c Seguir grupos de delfines	0,05	0			
	d Otros	0,00	0			
3 Las ballenas se alimentan de: ____	a Diferentes especies de delfines	0,02	0,00			
	b Algas marinas	0,04	0,02			
	c Peces pequeños y crutáceos	0,91	0,96	0	2	4,50
	d Otros	0,02	0,02			
4 El chorro de vapor que producen las ballenas es: ____	a Una exhalación	0,51	0,71	1	10	9,09
	b Una manera de eliminar agua del cuerpo	0,49	0,29			
	c Un mecanismo de agresión	0,00	0,00			
	d Un juego	0,00	0,00			
5 Para respirar las ballenas utilizan: ____	a Pulmones	0,42	0,70	0	13	15,08
	b Branquias	0,42	0,23			
	c Piel	0,09	0,00			
	d Ninguna de las anteriores	0,07	0,07			
6 La gruesa capa de grasa contenida en la piel de las ballenas sirve para: ____	a Acumular alimento	0,31	0,4	1	5	4,17
	b Flotar	0,16	0,04			
	c Defenderse de los depredadores	0,11	0,13			
	d b y c son correctas	0,42	0,42			
7 Los ancestros antiguos de las ballenas eran: ____	a Peces mandibulados	0,23	0,11			
	b Ictiosaurios	0,19	0,14			
	c Mamíferos terrestres	0,33	0,70	2	19	15,43
	d Ninguna de las anteriores	0,26	0,05			
8 Las ballenas alimentan a sus crías recién nacidas de: ____	a Algas	0,29	0,11			
	b Peces	0,22	0,02			
	c Camarones	0,07	0,07			
	d Leche materna	0,42	0,80	1	17	16,06
9 Para avanzar en el agua las ballenas utilizan: ____	a La aleta caudal	0,19	0,30	3	7	2,50
	b Las aletas pectorales	0,30	0,39			
	c La aleta dorsal	0,49	0,30			
	d El tórax	0,02	0,02			

en la segunda

D = Número de individuos cuyas respuestas fueron incorrectas en la primera medición y correctas en la segunda

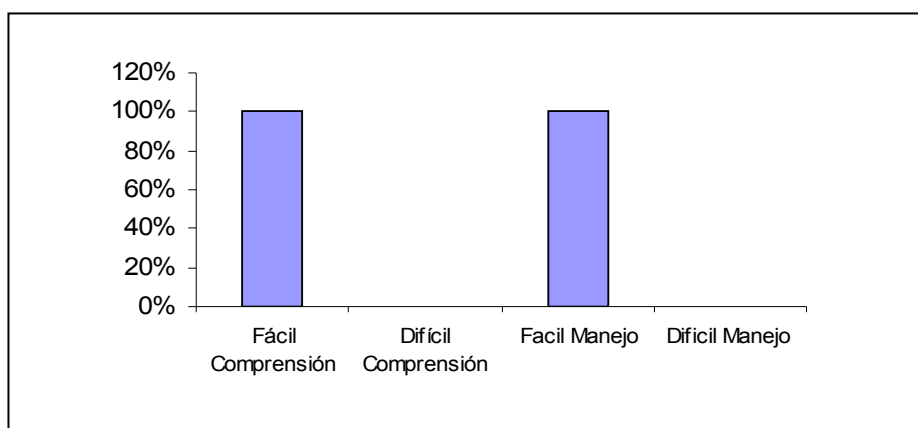
n= 45, p= 0.05, gl = 1

Antes de observar el CD Rom se observaron las frecuencias más elevadas para la respuesta correcta, en las preguntas 1, 2 y 3; la frecuencia más baja se obtuvo para la pregunta 9.

En todos los casos se observó un incremento en las frecuencias asociadas a las respuestas correctas.

Los datos obtenidos antes y después para cada pregunta, se analizaron a través de una prueba de McNemar, la cual arrojó los valores correspondientes a  $X^2$  (Tabla 6.11). Esta prueba reveló que los cambios ocurridos en relación a las respuestas correctas, fueron significativos para las preguntas 1 a 8, y no significativos para la pregunta 9.

Los resultados para las preguntas sobre el manejo y la comprensión de temas (10 y 11) se resumen en la figura 6.4.



**Figura 6.4** Resultados obtenidos (porcentaje) sobre la comprensión de temas y el manejo del programa (n = 45).

Los conceptos emitidos por los estudiantes para explicar la facilidad en el manejo y comprensión de temas, se resumen en la tabla 6.11 (a y b) en la que se incluyen los porcentajes observados.

**Tabla 6.11.** Conceptos emitidos sobre (a) la facilidad del manejo y (b) la comprensión de temas.

(a)

Concepto emitido	Porcentaje observado
Fácil encontrar información	28,9%
Estaba ordenado de forma lógica	6,7%
Ya había usado programas similares	6,7%
Era fácil usar el mouse	11,1%
Tenía buenas indicaciones	15,6%
No explicó el porqué	31,1%

n = 45

(b)

Concepto emitido	Porcentaje observado
Era fácil comprender por las ayudas visuales	13,3%
Era fácil comprender porque existía un glosario	8,9%
Los temas estaban bien explicados	31,1%
El lenguaje era sencillo	22,2%
Eran conceptos conocidos	4,4%

n = 45

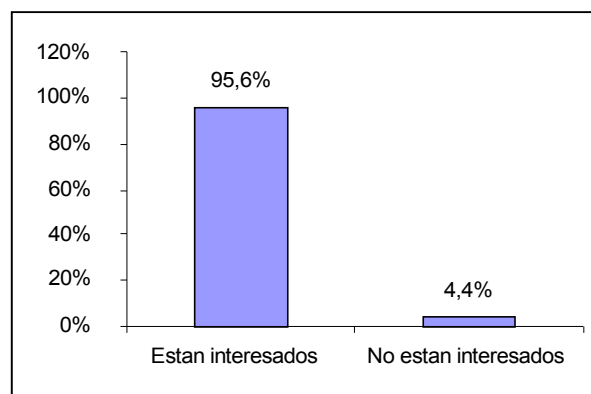
Dentro de los temas de mayor interés (Tabla 6,12) se observaron los porcentajes más elevados para los temas relacionados con evolución, migraciones, depredación y respiración.

**Tabla 6.12** Porcentajes asociados a los temas de mayor interés

Temas	Porcentaje observado
Corazón	2,2%
Sentidos	6,7%
Migraciones	15,6%
Depredación	15,6%
Evolución	26,7%
Locomoción	8,9%
Ejemplos	4,4%
Termorregulación	2,2%
Respiración	13,3%
¿Qué son las ballenas?	4%

n = 45

La última parte del cuestionario reveló que el 96% de los estudiantes (Figura 6.5) estaría interesado en aprender ciencias biológicas a través de propuestas de divulgación similares.



**Figura 6.5** Porcentaje de estudiantes interesados y no interesados en aprender ciencias biológicas a través de herramientas educativas similares (n = 45)

Pretest – posttest aplicado al curso 7ª

Se presentan a continuación (Tabla 6.13) los resultados obtenidos para las preguntas de selección múltiple, antes y después de que los 44 estudiantes del curso 6ª observaran el CD Rom. Los valores de  $X^2$  obtenidos indican que el incremento en el número de respuestas correctas después de observar el CD Rom fue significativo en todas las preguntas.

**Tabla 6.13** Frecuencias correspondientes a las respuestas de los estudiantes a cada pregunta, antes y después de ver el CD Rom. Aparecen resaltadas las frecuencias de las respuestas correctas y los valores de  $X^2$  calculados con la prueba de McNemar.

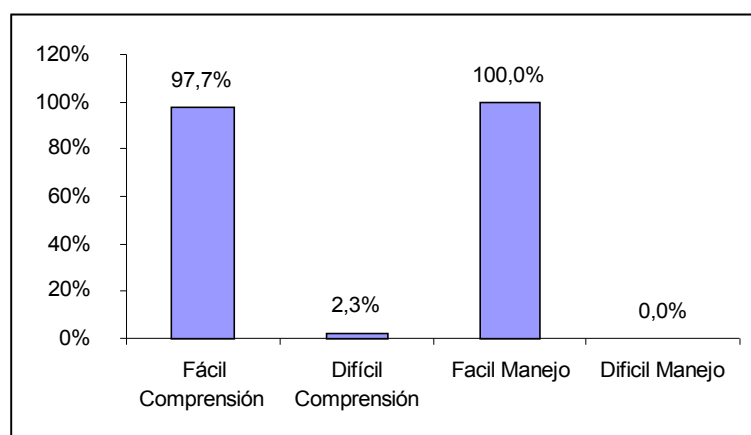
Preguntas	Respuestas posibles	Frecuencia observada antes de ver el CD	Frecuencia observada después de ver el CD	A	D	$x^2$
1 Las ballenas son un grupo de: ____	a Mamíferos	0,95	0,98	0	1	4
	b Peces	0,02	0,00			
	c Grandes invertebrados marinos	0,02	0,02			
	d Ninguna de las anteriores	0,00	0,00			
2 Las ballenas realizan migraciones para: ____	a Buscar alimento y lugares para reproducirse	0,91	0,98	0	3	5,33
	b Huir de los depredadores	0,07	0,00			
	c Seguir grupos de delfines	0,00	0,00			
	d Otros	0,02	0,02			
3 Las ballenas se alimentan de: ____	a Diferentes especies de delfines	0,00	0	0	3	5,33
	b Algas marinas	0,12	0,09			
	c Peces pequeños y crustáceos	0,81	0,84			
	d Otros	0,07	0,07			
4 El chorro de vapor que producen las ballenas es: ____	a Una exhalación	0,55	0,68	1	7	6,13
	b Una manera de eliminar agua del cuerpo	0,43	0,30			
	c Un mecanismo de agresión	0,00	0,02			
	d Un juego	0,02	0,00			
5 Para respirar las ballenas utilizan: ____	a Pulmones	0,70	0,77	0	3	5,33
	b Branquias	0,27	0,23			
	c Piel	0,00	0,00			
	d Ninguna de las anteriores	0,02	0,00			
6 La gruesa capa de grasa contenida en la piel de las ballenas sirve para: ____	a Acumular alimento	0,40	0,49	0	3	5,33
	b Flotar	0,19	0,16			
	c Defenderse de los depredadores	0,05	0,09			
	d b y c son correctas	0,37	0,26			
7 Los ancestros antiguos de las ballenas eran: ____	a Peces mandibulados	0,31	0,09	0	10	12,10
	b Ictiosaurios	0,05	0,12			
	c Mamíferos terrestres	0,38	0,63			
	d Ninguna de las anteriores	0,26	0,16			
8 Las ballenas alimentan a sus crías recién nacidas de: ____	a Algas	0,14	0,07	1	7	6,13
	b Peces	0,32	0,26			
	c Camarones	0,07	0,05			
	d Leche materna	0,48	0,63			
9 Para avanzar en el agua las ballenas utilizan: ____	a La aleta caudal	0,30	0,59	2	15	11,53
	b Las aletas pectorales	0,27	0,20			
	c La aleta dorsal	0,36	0,18			
	d El tórax	0,07	0,02			

A = Número de individuos cuyas respuestas fueron correctas en la primera medición e incorrectas en la segunda

D = Número de individuos cuyas respuestas fueron incorrectas en la primera medición y correctas en la segunda

n= 44, p= 0.05, gl = 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos sobre las preguntas 10 y 11 relacionadas con el manejo del programa y la comprensión de temas (Figura 6.6).



**Figura 6.6** Resultados obtenidos (porcentaje) sobre la comprensión de temas y el manejo del programa (n = 44)

La figura 6.5 indica que el 97.7 % de los estudiantes opinaron que los temas eran fácilmente comprensibles y el 100% respondió que era fácil de usar. Los conceptos emitidos por los estudiantes para explicar los puntos anteriores se resumen en la tabla 6.14 a y b.

**Tabla 6.14** Conceptos emitidos sobre (a) la facilidad del manejo y (b) la comprensión de temas.

(a)	Concepto emitido	Porcentaje observado
	Fácil encontrar información	15,9%
	Estaba bien oragnizado	6,8%
	Era rápido	9,1%
	Era fácil usar el mouse	11,4%
	Tenía buenas indicaciones	27,3%
	Era práctico	4,5%
	No explicó el porqué	25,0%

(b)	Concepto emitido	Porcentaje observado
	Era fácil comprender por las ayudas visuales	6,8%
	Era fácil comprender porque existía un glosario	2,3%
	Los temas estaban bien explicados	34,1%
	El lenguaje era sencillo	15,9%
	Eran conceptos conocidos	4,5%
	No explicó porqué	34,1%

n = 44

Los resultados obtenidos sobre los temas de interés, revelan que los porcentajes más elevados corresponden a temas como ejemplos, evolución, depredación, termorregulación y migraciones (Tabla 6.15)

**Tabla 6.15** Temas de mayor interés

Temas	Porcentaje observado
Corazón	6,8%
Sentidos	4,5%
Migraciones	13,6%
Depredación	13,6%
Evolución	13,6%
Locomoción	6,8%
Ejemplos	15,9%
Termorregulación	13,6%
Respiración	2,3%
Bibliografía	2,3%
¿Qué son las ballenas?	6,8%

n = 44

Se incluyen por último los resultados obtenidos sobre la motivación de los niños en aprender sobre biología, a través de CD Rom interactivos (Figura 6.7)

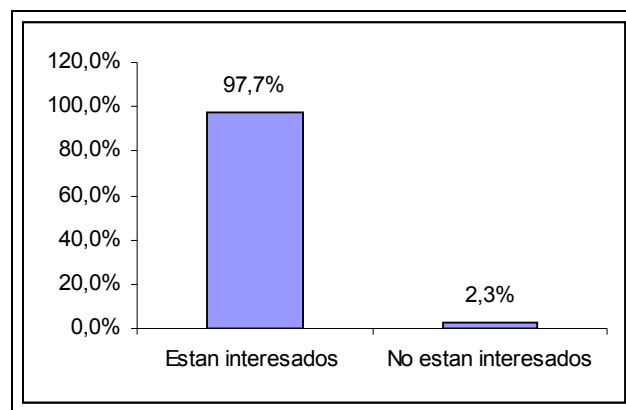


Figura 6.7 Porcentaje de estudiantes interesados y no interesados en aprender ciencias biológicas a través de herramientas similares (n = 44)

#### 6.4.3 Evaluación en el Colegio Cardenal Pacelli

Los resultados obtenidos con la prueba antes – después revelan que hubo un incremento en el número de respuestas correctas en las preguntas 3, 4, 7 y 9 (Tabla 6.16).

El valor de  $\chi^2$  se calculó para las preguntas No. 3, 5, 7 y 9 ya que en los otros casos las frecuencias observadas antes y después no presentaron variación; la prueba de significancia de cambios de McNemar demostró que, en todos los casos, el incremento fue significativo.

**Tabla 6.16** Frecuencias correspondientes a las respuestas de las estudiantes a cada pregunta, antes y después de ver el CD Rom. Aparecen resaltadas las frecuencias de las respuestas correctas y los valores de  $\chi^2$  calculados con la prueba de McNemar.

Preguntas	Respuestas posibles	Frecuencias observadas		$\chi^2$
		Antes de ver el CD Rom	Después de ver el CD Rom	
1 Las ballenas son un grupo de: ____	a Mamíferos	1	1	
	b Peces	0	0	
	c Grandes invertebrados marinos	0	0	
	d Ninguna de las anteriores	0	0	
2 Las ballenas realizan migraciones para: ____	a Buscar alimento y lugares para reproducirse	1	1	
	b Huir de los depredadores	0	0	
	c Seguir grupos de delfines	0	0	
	d Otros	0	0	
3 Las ballenas se alimentan de: ____	a Diferentes especies de delfines	0	0	4
	b Algas marinas	0,08	0,08	
	c Peces pequeños y crustáceos	0,77	0,85	
	d Otros	0,15	0,08	
4 El chorro de vapor que producen las ballenas es: ____	a Una exhalación	0,85	0,85	
	b Una manera de eliminar agua del cuerpo	0,08	0,08	
	c Un mecanismo de agresión	0,08	0,08	
	d Un juego	0,00	0,00	
5 Para respirar las ballenas utilizan: ____	a Pulmones	0,38	0,77	7,2
	b Branquias	0,62	0,23	
	c Piel	0,00	0	
	d Ninguna de las anteriores	0,00	0	
6 La gruesa capa de grasa contenida en la piel de las ballenas sirve para: ____	a Acumular alimento	0,38	0,38	
	b Flotar	0,08	0,08	
	c Defenderse de los depredadores	0,08	0,08	
	d b y c son correctas	0,46	0,46	
7 Los ancestros antiguos de las ballenas eran: ____	a Peces mandibulados	0,46	0,31	7,2
	b Ictiosaurios	0,08	0,08	
	c Mamíferos terrestres	0,15	0,62	
	d Ninguna de las anteriores	0,31	0,00	
8 Las ballenas alimentan a sus crías recién nacidas de: ____	a Algas	0,00	0,00	
	b Peces	0,00	0,00	
	c Camarones	0,08	0,08	
	d Leche materna	0,92	0,92	
9 Para avanzar en el agua las ballenas utilizan: ____	a La aleta caudal	0,31	0,69	6,25
	b Las aletas pectorales	0,46	0,31	
	c La aleta dorsal	0,23	0,00	
	d El tórax	0,00	0,00	

A = Número de individuos cuyas respuestas fueron correctas en la primera medición e incorrectas en la segunda

D = Número de individuos cuyas respuestas fueron incorrectas en la primera medición y correctas en la segunda

n= 13, p= 0.05, gl = 1

## 7. DISCUSION

### 7.1 Limites y limitaciones con relación al contenido

La idea del proyecto era limitar el contenido del guión a ciertos aspectos de la biología de los misticetos, relacionados con adaptaciones al medio, que pudieran explicarse de manera general, a través de textos cortos y para los cuales existiera la posibilidad de profundizar a través de las referencias bibliográficas puntuales.

Los temas seleccionados respondieron a la mayoría de criterios establecidos, sin embargo se discuten a continuación algunos puntos importantes relacionados con algunos de ellos.

Aspectos como la definición del grupo y los elementos que diferencian a los dos subórdenes (Mysticeti y Odontoceti) no fueron sujetos a selección, desde el inicio se consideraron fundamentales para que el público conociera las características del grupo específico del que trata el CD ROM y tuviera herramientas para relacionarlo con otros grupos de mamíferos.

En este punto es importante resaltar que los datos sobre longitud, peso, longevidad, tiempo de gestación de las diferentes especies están sujetos a una gran variabilidad dependiendo del criterio del autor (Howorth 1985, Martin et al. 1990, Jefferson et al. 1994, Calambokidis 1997, Carwardine 1998, Berta Sumich 1999); por este motivo no se manejan medidas ni concepto absolutos relacionados con estos aspectos, sino aproximaciones.

Temas como la sistemática del grupo no se incluyeron en el guión y esto se debe a que no se han aclarado las relaciones filogenéticas entre las diferentes especies de cetáceos, ni las afinidades de los cetáceos respecto a otros grupos de mamíferos (Gatesy 1998, O'Leary M & J. Grisler 1999, Berta & Sumich 1999). En la actualidad se ha presentado una controversia entre los paleontólogos y los biólogos moleculares; los primeros se han apoyado en evidencias fósiles como cráneos, dientes y vestigios de extremidades posteriores y esto ha llevado a que autores como O'Leary (1998) propongan al extinto grupo de los mesoniquianos como grupo hermano de los cetáceos.

Recientemente y apoyados en evidencias morfológicas, Novacek (1992) apoya la hipótesis de que los artiodáctilos constituyen el grupo hermano de Cetacea, mientras que Thewissen (1993) encuentra relaciones más estrechas entre los perisodáctilos y los cetáceos.

Por otro lado, la mayor parte de los estudios moleculares basados en inmunodifusión y análisis de DNA mitocondrial, proponen relaciones estrechas entre los cetáceos y los artiodáctilos, sin embargo sugieren el desarrollo de estudios posteriores (Gatesy 1998, Berta & Sumich 1999).

El gran número de hipótesis filogenéticas propuestas actualmente llevó a mencionar solamente algunas de las conclusiones recientes sobre las que existe un acuerdo entre los autores (Milinkovich et al. 1993, Gatesy 1998, Berta & Sumich 1999); de lo contrario habría sido necesario trabajar con texto que incluyera los diferentes aspectos de esa controversia.

Sobre los descubrimientos fósiles relacionados a arqueocetos, es válido resaltar que, aunque se han encontrado numerosos ejemplares en Pakistán, Egipto, India y Carolina del Sur, en el texto se hace referencia a dos especies solamente (*Ambulocetus natans*, *Pakicetus* sp.); se trata de evidencias fósiles que pueden resultar significativas para el público, por representar estados intermedios en el proceso evolutivo de los cetáceos (Gingerich 1994).

La revisión que se realizó sobre órganos de los sentidos como la visión, el gusto y el olfato, reflejó que la mayor parte de información existente fue publicada hace dos décadas (Evans, 1987) y que son muy pocas las publicaciones actuales dirigidas hacia estos aspectos (Zhu-Qian 1998).

Por otro lado es evidente que temas como la audición y producción de sonido en mysticetos, han concentrado la atención de varios autores; en el guión se resalta este aspecto y también el hecho de que los trabajos de investigación que se han venido desarrollando en los últimos años, se han apoyado en las nuevas tecnologías como el uso de múltiples hidrófonos, telefonía satelital y programas de computación encargados de registrar gráficamente y analizar las vocalizaciones (Payne 1995, Frankel & Clark 1998, Stafford et al. 1999, Mercado et al. 1999, Norris et al. 1999).

En temas como las adaptaciones respiratorias y cardio - vasculares que han desarrollado los mysticetos en respuesta a la inmersión prolongada, la mayor parte la información obtenida en los últimos años (Meijler 1988, 1989<sup>a</sup>, 1989<sup>b</sup>, Reynolds et al. 1986, Reynolds et al, 1987, Reynolds et al., 1994, Sumich 1999) es consistente y ha complementado revisiones hechas por autores como Kooyman & Andersen 1969, Lenfant 1969, Elsvén, 1969, Irving 1969, Hochachka & Storey 1975 y Dolphin 1986); el uso de telemetría para el seguimiento y monitoreo de las especies ha permitido definir patrones

específicos de respiración e inmersión (Dolphin1986) y el uso de fonocardiógrafos, electrocardiogramas y ultrasonido ha permitido profundizar bastante sobre la actividad cardiaca de varias especies de misticetos (Meijler 1988, 1989<sup>a</sup>, 1989b, Reynolds *et al.* 1986, Reynolds *et al.* 1987, Reynolds *et al.* 1994)

Los estudios sobre el corazón permitieron tocar una serie de investigaciones que se han realizado en Colombia y para las cuales existe material disponible; tratarlas como un tema independiente dio la oportunidad para resaltar la importancia de muchos de los proyectos que han sido dirigidos por el grupo SCVS y que han sido pioneros a nivel mundial, como es el caso de la electrocardiografía y fonocardiografía aplicadas a ballenas jorobadas en su estado natural.

En el listado preliminar se incluyó el sistema nervioso y aunque es un tema que permite tocar muchas de las adaptaciones y especializaciones de los nervios asociados a los sentidos (Berta & Sumich 1999), se consideró que era un tema complejo para tratarlo de manera independiente y que implicaba tocar muchos aspectos de la anatomía general. Por este motivo solo se mencionaron, dentro de los temas escogidos, algunos de los puntos más importantes.

Las adaptaciones relacionadas con la osmorregulación son fundamentales para sobrevivir en aguas marinas; su explicación incluye aspectos propios del metabolismo celular, presiones y concentraciones osmóticas, y características de los tejidos corporales. No existe suficiente material disponible al respecto, en relación estricta con el suborden Mysticeti, por lo que en el texto se resalta simplemente el hecho de que, a nivel evolutivo, fue una de las adaptaciones fundamentales para la vida en un medio marino (Berta & Sumich 1999).

Es interesante resaltar que la mayor parte de la información disponible a nivel de artículos científicos de los últimos 10 años, está relacionada con temas como el uso de hábitat, los patrones de distribución, los patrones de migración, el comportamiento y el efecto de contaminantes en el cuerpo de los cetáceos; posiblemente debido a las dificultades que implica el trabajo experimental con estos animales, son muy pocos los artículos que se han publicado recientemente sobre anatomía y fisiología de diferentes órganos y sistemas, (Mogoe *et al.* 1998, Fukui *et al.* 1995, 1996, 1997) por lo que estos temas quedan usualmente referidos a publicaciones antiguas.

El comportamiento reproductivo, la organización social y los hábitos alimenticios no se incluyeron como temas separados porque cada una de las 11 especies de misticetos exhibe comportamientos específicos, relacionados con el hábitat, los hábitos alimenticios, la disponibilidad de alimento, el tamaño de los grupos, entre otros (Evans, 1987, Gaskin 1982, Würsing 1990, Payne 1995).

Aunque algunas tendencias se generalizaron para las especies que realizan migraciones, se creó un tema llamado "Ejemplos" en el que se hace una breve revisión de la historia natural de tres especies de misticetos (ballena azul, ballena jorobada y franca del hemisferio sur); a través de estas revisiones se pueden comparar diferentes patrones comportamentales, hábitos alimenticios, distribución, estado actual de las poblaciones y profundizar en algunos de ellos.

Dentro del tema "Ejemplos" se incluyeron dos especies de rorcuales (ballena jorobada y ballena azul) y una especie que no pertenece a ese grupo (ballena franca). Esta diferenciación permitió comparar algunas de las adaptaciones de los rorcuales, con las de ballenas que no presentan pliegues gulares y que deben utilizar estrategias de alimentación diferentes (Connor & Peterson 1994, Payne 1995).

En este tema se incluyó una especie del suborden Odontoceti, el cachalote; es una especie que puede ser fácilmente confundida con las verdaderas ballenas (Leatherwood, S. & R. Reeves 1985) de hecho la historia evolutiva lo relaciona más a los misticetos (Milinkovitch *et al.* 1993). Incluirlo en el guión, dio la posibilidad de tocar las principales diferencias entre misticetos y odontocetos, en términos de hábitos alimenticios y comunicación.

A los temas como depredación, medidas de seguridad y estado de conservación de las especies, se les ha dado una gran difusión en internet y otros medios de comunicación masiva; era importante incluirlos porque a través de ellos ha aumentado el interés de divulgar, a nivel social, información sobre la biología de los cetáceos (Escobar 1996).

## **7.2 Receptividad de los estudiantes hacia el material educativo**

### **7.2.1 Estado del conocimiento previo sobre algunos aspectos de la biología de los misticetos**

Los resultados obtenidos en la Feria del Libro revelan que la mayoría de los estudiantes reconocen a las ballenas como mamíferos, pero no saben qué

características son las que podrían diferenciar a un mamífero de un pez en términos de respiración. Esto se hizo evidente ya que la respuesta que obtuvo la frecuencia más elevada (0.42) dentro de los posibles órganos que utilizan los misticetos para respirar fue la de “branquias”.

Uno de los temas sobre el que existe un buen conocimiento es el objetivo de las migraciones (pregunta 2) y las fuentes de alimento (pregunta 3), esto puede deberse a que son temas que han sido ampliamente tratados en documentales y sobre los cuales se ha hecho bastante divulgación en Colombia, debido a que las aguas del Pacífico reciben anualmente poblaciones de ballenas jorobadas.

Adaptaciones relacionadas con el ayuno y la utilidad de acumular grasa en la piel (pregunta 6) indican que existe confusión sobre los conceptos relacionados y esto se evidencia con las frecuencias que se distribuyeron de manera muy similar para tres de las respuestas posibles.

Por último no se esperaba una frecuencia muy elevada de aciertos para la pregunta 7, sobre los posibles ancestros de las ballenas debido a que un tema poco conocido y sobre el cual se ha hecho poca difusión; los resultados demuestran que no hay claridad al respecto ya que tres de las repuestas posibles (“peces mandibulados”, “mamíferos terrestres” y “ninguna de las anteriores”) obtuvieron frecuencias similares (0.27, 0.23, 0.32 respectivamente)

### 7.2.2 Receptividad del público hacia los textos presentados

Uno de los objetivos de la validación era establecer si los temas seleccionados y el lenguaje utilizado resultaban o no adecuados para el público a quien iban dirigidos (niños y jóvenes).

Los resultados en este aspecto fueron positivos porque revelaron que para más del 95% de los estudiantes encuestados tanto en la Feria del Libro como en el colegio Calasanz, el lenguaje utilizado y la manera de explicar los textos fue accesible.

Para el 45% de los estudiantes que tuvieron acceso al CD Rom en la Feria del Libro, los textos estuvieron bien explicados y haberlos apoyado con glosario, fotos, videos y sonidos, fue muy importante en el proceso de lectura y comprensión del material; esto es consistente con los principios propuestos por Najjar (1998) quien afirma la importancia de complementar los textos con

imágenes y audio con el fin de crear conexiones en el proceso de comprensión de lectura.

Los criterios más utilizados por los estudiantes del colegio Calasanz para explicar la facilidad de comprensión de los textos tratados en el CD Rom, fueron la sencillez del lenguaje utilizado, la claridad de las explicaciones y el hecho de que muchos de los conceptos eran conocidos.

Los resultados de ambos muestreos revelan que el lenguaje utilizado fue adecuado, al igual que las explicaciones dadas a los conceptos en los diferentes temas. Con esto se cumple uno de los objetivos específicos propuestos, que era lograr un buen desarrollo del guión del CD Rom a través de estrategias adecuadas de estilo y forma.

### 7.2.3 Temas de mayor interés

#### Población muestreada en la Feria del Libro

A través de los resultados obtenidos en la Feria del Libro se observa que los temas que más atrajeron la atención de los estudiantes encuestados fueron evolución, migración y respiración.

Es importante resaltar que el cuestionario previo a la observación del CD Rom, reveló una confusión sobre algunos de los conceptos relacionados con estos temas, pero los estudiantes se vieron motivados a leer sobre ellos. Esto podría indicar que fue adecuada la manera de desarrollarlos en el guión, ya que lograron motivar la curiosidad de los estudiantes, siendo este uno de los objetivos fundamentales que persiguen las propuestas de multimedia educativa (Najjar 1998).

Temas como locomoción y termorregulación tuvieron frecuencias bajas dentro de los que se consideraron como temas de mayor interés (2.2 % y 1.7% respectivamente); es posible que no llamaran tanto la atención de los estudiantes porque deberían apoyarse por imágenes, videos o animaciones mejor relacionados, de manera que se lograra fijar la atención desde un primer acercamiento a la página inicial de cada uno de ellos.

Pese a lo anterior todos los temas fueron considerados de interés y en este punto es importante resaltar que la respuesta que obtuvo el porcentaje más elevado (58%) en la pregunta sobre los temas de menor interés fue “ninguno”;

esto podría indicar que la selección fue acertada aunque algunas partes de los textos podrían complementarse con material gráfico más específico.

Estudiantes encuestados en el Colegio Calasanz

El muestreo reveló que los temas que más atrajeron la atención de ambos cursos fueron los de depredación, migraciones y evolución; es evidente que existe una motivación por parte de los estudiantes, en profundizar sobre estos aspectos de la biología del grupo y este podría constituir un elemento útil para dirigir propuestas de divulgación sobre los mysticetos.

Para uno de los cursos, temas como termorregulación y ejemplos atrajeron bastante la atención de los estudiantes y este hecho demuestra que la mayor o menor afinidad hacia ciertos temas podría estar más ligada a intereses personales que a la manera en que los temas se desarrollaron en el guión.

#### 7.2.4 Receptividad del público a los criterios de navegación seleccionados

Los resultados que ofrecieron las encuestas sobre los criterios de navegación fueron positivos ya que más del 96% de los estudiantes encuestados tanto en la Feria del Libro como en el colegio Calasanz, respondió que el programa era fácil de manejar.

Es importante resaltar que uno de los criterios que más se utilizó para explicar el porqué en la facilidad del manejo fue la existencia de suficientes indicaciones dentro de la aplicación, la claridad para ubicar los temas y el uso del "mouse" para acceder a la información. Esto indica que los criterios de navegación escogidos, fueron adecuados para el proyecto y que con ellos se evitó uno de los problemas más comunes a los que se enfrentan los usuarios de multimedia que es la desorientación (Mc Donalds & Stevenson 1998, Shepardsun & Britisch 1996).

El modelo utilizado para presentar la información, apoya la hipótesis propuesta por Mc Donalds & Stevenson (1998) en la que un sistema de navegación no jerárquico (es decir sin pasos obligados), pero que responda a un orden y al mismo tiempo permita que el usuario dirija y controle la ruta de exploración, es un buen mecanismo para evitar la desorientación y facilitar la comprensión de la información.

### 7.2.5 Motivación para aprender ciencias biológicas a través de propuestas educativas similares

El interés de los estudiantes por complementar la educación que obtienen en las aulas con herramientas de divulgación similares (aplicaciones de multimedia) fue evidente. El 93 % de los estudiantes que participó de la actividad en la Feria del Libro estarían interesados en aprender sobre biología a través de multimedia educativa, al igual que un 95 – 97% de los estudiantes del colegio Calasanz. Aunque estos resultados estén asociados a especies que se consideran comúnmente carismáticas, los resultados podrían indicar que este tipo de propuestas educativas constituye una alternativa interesante para complementar la educación tradicional y que cuentan con una gran aceptación entre estudiantes con un amplio rango de edades.

Un aspecto importante que debe ser considerado en este punto es la necesidad de explorar propuestas a nivel de multimedia educativa en diferentes temas relacionados con las ciencias biológicas, con el fin de establecer cuales son las mejores estrategias de lenguaje y de manejo de la información.

### 7. 2. 6 Comprensión de contenidos

A través de la validación del material, se buscó establecer (aunque en un grupo pequeño de estudiantes debido a las limitaciones que se mencionaran en el capítulo siguiente) si el guión llevaba o no a una comprensión de los temas que pudiera ser evaluada.

#### Colegio Calasanz

Las pruebas antes - después que se llevaron a cabo en los dos cursos demostraron que hubo un incremento en la frecuencia de respuestas correctas para todas las preguntas, después de que los estudiantes observaron la aplicación.

En el grupo de 6º el incremento fue significativo para las preguntas 1 a 8 mientras que el curso 7º, fue significativo para todas las preguntas.

En las preguntas 1, 2, y 3 las frecuencias de respuestas correctas antes y después fueron muy elevadas, esto indica que los conceptos relacionados a los objetivos de las migraciones, las fuentes de alimentación y la definición básica

del grupo de los misticetos, son conocidos por la mayoría de estudiantes; el incremento observado indica que la información que se está transmitiendo sobre estos temas resulta clara y les permite a los estudiantes identificar los errores que cometieron cuando respondieron el cuestionario por primera vez.

En las preguntas relacionadas a los órganos que se utilizan para respirar, los ancestros del grupo y la forma de alimentación de las crías, se observaron los incrementos más evidentes en las frecuencias de aciertos después de observar el CD Rom. Este hecho podría demostrar, que aunque no existiera un amplio conocimiento previo sobre estos temas, la forma de desarrollarlos en el guión fue adecuada y resultó comprensible para los estudiantes.

Existen, sin embargo, aspectos como la utilidad de la grasa en la piel de estos animales que no se aclararon después de leer el guión, esto podría indicar que son conceptos que no se hacen muy, ni muy llamativos dentro del desarrollo de los temas, pero que con una lectura detallada podrían llegar asimilarse.

Sería importante ampliar la información que puede tenerse a través de este tipo de pruebas (antes - después) y evaluar otros conceptos asociados a los diferentes temas, con el fin de establecer en un público más amplio, en qué medida se está logrando, a través del guión, una asimilación real de los contenidos.

#### Colegio Cardenal Pacelli

El muestreo realizado reveló que se obtuvieron las frecuencias más elevadas de aciertos (antes y después de observar el CD Rom) par las preguntas 1, 2, 4, y 8, lo que inicia un buen conocimiento previo sobre aspectos como la definición del grupo, los objetivos de la migraciones, la función de las exhalaciones y la forma de alimentación de las crías.

En este caso se observaron los incrementos más significativos de aciertos para las preguntas relacionadas con los órganos asociados a la respiración y los posibles ancestros del grupo de los misticetos. Por lo que se deduce que la información está siendo transmitida de manera que permite la asimilación de estos conceptos.

Al igual que en el muestreo realizado en el colegio Calasanz, los aspectos relacionados con la función de la capa de grasa no se logran aclarar después de leer el guión, por lo que deberían hacerse más claros y llamativos para los

estudiantes, ya que es uno de los aspectos fundamentales dentro del tema de las migraciones.

### **7. 3 Limitaciones del proyecto**

Se tenía previsto realizar pruebas antes - después en 3 colegios más (que inicialmente se habían mostrado interesados en realizar la actividad), con el fin de evaluar en una población más amplia la comprensión y asimilación de diferentes conceptos contenidos en el guión; surgieron sin embargo limitaciones relacionadas con los equipos existentes.

Las pruebas piloto realizadas en las instalaciones de los colegios indicaron que los computadores no contaban con memoria suficiente para correr la aplicación en red, ni para correr a un mismo tiempo video y sonido.

Este hecho refleja la realidad de muchos colegios y constituye una limitante para complementar la información obtenida en las clases con actividades que involucren la multimedia; estas limitaciones, sin embargo, no deben constituir un obstáculo para este tipo de propuestas educativas, al contrario debe motivar la búsqueda de soluciones.

En este punto es válido resaltar que entre las observaciones que hicieron los estudiantes que participaron de la actividad, se mencionó la importancia de llevar este tipo de herramientas educativas a varios colegios públicos y privados, por lo que valdría la pena trabajar en estos aspectos y explorar las posibilidades de acercar estas nuevas propuestas pedagógicas a estudiantes de diferentes sectores sociales, enfatizando en aquellos que no pueden tener fácil acceso a las nuevas tecnologías.

Una de las principales propuestas del ministerio y la secretaría de educación es la creación de redes de bibliotecas con sede en diferentes puntos de la capital, estos centros abiertos al público podrían constituir espacios interesantes para desarrollar talleres de divulgación de ciencias (vía internet y multimedia) y permitir el acercamiento de niños y jóvenes de diferentes instituciones, edades y estratos sociales.

#### **7.4 Requerimientos de la aplicación en multimedia**

Las pruebas que se realizaron en los diferentes equipos definieron unos requerimientos mínimos para el funcionamiento adecuado de la aplicación; es necesario adecuar la configuración de colores del monitor a 16 bits [alta densidad] y tener más de 24 MB en RAM.

## 8. CONCLUSIONES

El tema central del CD Rom logró despertar el interés de los estudiantes, esta afirmación está apoyada en el número de niños y jóvenes que se acercaron libremente a observar la aplicación de multimedia en la Feria del Libro.

El estado de conocimiento sobre los misticetos reveló que los temas más conocidos están relacionados a aspectos como la definición de grupo, las migraciones y los hábitos alimenticios, pero no hacia temas como adaptaciones fisiológicas, estrategias de respiración y evolución.

Hubo una gran motivación por parte de los estudiantes hacia temas como evolución, depredación y migraciones de misticetos, esta información podría ser útil para dirigir propuestas de divulgación relacionadas con el grupo taxonómico.

Temas como locomoción y termorregulación podrían complementarse (en la aplicación de multimedia) con ilustraciones o animaciones mejor relacionadas, con el fin de motivar más el interés del público.

Temas como evolución y respiración, parecen transmitir los conceptos de una manera clara a los estudiantes; esto se vio reflejado en las pruebas antes-después realizadas en los colegios.

El lenguaje utilizado y la forma de presentar los textos fue adecuada y resultó accesible para los niños y jóvenes que constituyeron las poblaciones muestreadas.

Los criterios de navegación y de diagramación fueron acertados y se logró que el público maneja sin dificultad la aplicación de multimedia creada.

Los niños y jóvenes están motivados a aprender ciencias biológicas a través de propuestas similares de multimedia educativa.

Las aplicaciones de multimedia constituyen propuestas válidas para complementar la educación que se recibe en aulas, sobre temas relacionados con la biología.

La disponibilidad de equipos y la capacidad de los mismos son un factor limitante en la aplicación de propuestas educativas y de divulgación similares.

## 9. RECOMENDACIONES

La creación y evaluación del material permitieron sugerir las siguientes recomendaciones:

Utilizar para la creación de propuestas de multimedia educativa un plan metodológico basado en la adecuada selección de temas, el diseño preliminar, el desarrollo de la aplicación, la validación del material y la posterior optimización del mismo.

Adicionar a los talleres de validación espacios de discusión entre los estudiantes y el instructor, con el fin de evaluar a través de una estrategia diferente, la comprensión de conceptos.

Medir, como un trabajo a largo plazo, la retención de conceptos por parte de los estudiantes con el fin de establecer si la información que se está transmitiendo a través de multimedia educativa es realmente asimilada.

Evaluar, a través de diferentes modelos de cuestionario, si todos (o la mayoría de conceptos) están siendo transmitidos de forma clara, y si resultan interesantes.

Hacer talleres de validación con adultos, con el fin de explorar la receptividad de ese tipo de público frente a la herramienta creada y el tema seleccionado.

Comparar, en términos de aprendizaje, los resultados que se obtienen con la educación formal y los que se obtienen con multimedia educativa, con el fin de ampliar los conocimientos que existen sobre estos temas y arrojar luces sobre los aspectos pedagógicos de este tipo de herramientas.

Promover el uso de este tipo de herramientas tecnológicas, para hacer divulgación en temas relacionados con la fauna y flora colombiana, con el fin de ampliar los conocimientos sobre especies o problemas biológicos para los cuales se ha hecho poca divulgación social.

Evaluar las posibilidades de utilizar los nuevos centros educativos, apoyados en bibliotecas virtuales, para realizar talleres con material de multimedia o internet, dirigido hacia la difusión de ciencias biológicas.

## 10. REFERENCIAS

- Adams, D. 1996. Hypermedia in the classroom using earth and space science CD ROMs. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 15 (1/2): 19 – 34.
- Arcá, M., Guidoni, P. & P. Mazzoli. 1990. Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base. Editorial Paidós, Barcelona.
- Ancora, M.A. 1999. Metodología cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social. Editorial Síntesis S. A., Madrid.
- Baskin, Y. 1993. Blue behemoth bounds back. *Bioscience* 43 (9): 603-605.
- Bernal, H. 1999. El convenio Andrés Bello y la socialización de la ciencia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 23 (184): 730 – 732.
- Berta, A. 1994. What is a whale? *Science* 263: 180-181.
- Berta, A. & J. L. Sumich. 1999. Marine mammals: Evolutionary biology. Editorial Academic Press, San Diego California.
- Berger, C. 1998. Making sense of the songs whales sings. *National Wildlife* 36 (4): 52 – 59.
- Brown, M., Corkeron, P., Hale, P.T., Schultz, K. W., Bryden, M.M. 1995. Evidence for sex-aggregated migration in the humpback whale (*Megaptera Novaeangliae*). *Proceedings of The Royal Society of London Series Biological Sciences* 259 (1355): 229-234.
- Calambokidis, J. & G. Steiger. 1997. Blue Whale. Editorial Colin Baxter Photography Ltd, Scotland.
- Carter, D. S. G. 1997. Information and communication technology in the professional practice of beginning teachers. *Journal of Education for Teachers* 23 (3): 294-296
- Carwardine, M., Hoyt., E., Ewan, F., Peter, G. 1998. Whales dolphins and porpoises. Editorial Time Life Books, San Francisco
- CIMAC. 1992. I Curso de identificación de mamíferos acuáticos en Colombia Abril 9 – 10. Universidad Nacional. Bogotá. Colombia.
- Clapham, P. 1996. Humpback whales. Editorial World Life Library, Scotland.
- Clapham, P. 1997. Whales. Editorial Colin Baxter World Life Library, Scotland.

- Clapham, P. J. & P. J. Palsboll. 1997. Molecular analysis of paternity shows promiscuous mating in female humpback whales (*Megaptera Novaeangliae*). Proceedings of The Royal Society of London Series Biological Sciences 264 (1378): 95 – 98.
- Clarke, M. 1979. The head of the spermwhale. Scientific American 240 (1): 106-117.
- Connor, R. & D. Peterson. 1994. The lives of whales and dolphins. New York: American Museum of Natural History.
- Corkeron, P. & R. Connor. 1999. Why do baleen whales migrate?. Marine Mammal Science 15 (4): 1228 – 1245.
- Craig, A. S. & Herman L. M. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the hawaiian islands. Canadian Journal of Zoology 75 (11): 1923-1933.
- Crandford, T. W., Amundin, M. & K. Norris. 1996. Functional morphology and homology in the odontocetes nasal complex: Implications for sound generation. Journal of Morphology 228: 223-285.
- De Blase, A. F. & R. E. Martin. 1981. A manual of mammalogy. Segunda Edición. Editorial Wm. C. Brown Company Publishers, USA.
- Delgado, M. & E. Quevedo. 1997. La ciencia y sus públicos: el desafío de la popularización de la ciencia. Págs. 25 – 30 en: Eduardo Martínez y Jorge Flórez (eds). La popularización de la ciencia y la tecnología: reflexiones básicas. Fondo de Cultura Económica, México.
- De San Gil, L. D. 1997. Ballenas y delfines. Editorial Durandeu, Argentina.
- Eckert, D., Randall, D., Burggren, W. & K. French. 1997. Fisiología Animal. Cuarta edición. McGraw Hill, Madrid.
- Elsner, R. 1969. Cardiovascular adjustments to diving. Págs. en: The biology of marine mammals. Editorial Academic Press, London.
- Escobar, A. M. 1996. Aproximación a un programa de educación y divulgación ambiental para la conservación de delfines en Colombia. Tesis de Maestría. (Ecología). Universidad Javeriana. Facultad de Saneamiento y Desarrollo Ambiental. Bogotá.
- Evans P. G. 1987. The natural history of whales and dolphins. Christopher Helm (eds), Londres, Inglaterra.
- Fiedler, P., Reilly, S., Hewitt, R., *et al.* 1998. Blue whale habitat and prey in the California channel islands. Deep Sea Research (Part II) 45: 1781-1801.

- Fitzgerald, G., Wilson, B. & L. Semaru. 1997. An interactive multimedia program to enhance teacher problem-solving skills based on cognitive flexibility theory: design and outcomes. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 6 (1): 47 – 76.
- Flórez-González, L & J. Capella-Alzueta. 1995. Mamíferos acuáticos de Colombia, una revisión y nuevas observaciones sobre su presencia, estado de conocimiento y conservación. *Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Informe Museo Del Mar* 39: 1– 29.
- Frankel, A. S. & Clark, C. W. 1998. Results of low-frequency playback of M-sequence noise to humpback whales *Megaptera novaeangliae*, in Hawaii. *Canadian Journal of Zoology* 76 (3): 521-535.
- Fukui, Y. et al. Relationship between physiological status and serum constituent values in minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*). *Journal of Reproduction and Development*, 1995; 41(3): 203-208
- Fukui Y et al. Relationships among morphological status, steroid hormones, and post-thawing viability of frozen spermatozoa of male minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*). *Marine Mammal Science*, 1996; 12(1): 28-37
- Fukui Y et al. Factors affecting in vitro maturation of minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) follicular oocytes. *Biology of Reproduction*, 1997; 56(2): 523-528
- Gatlin-Watts, R. Arn, J. & W. Kordsmeier. 1998. Perceptions and practices of multimedia integration into the undergraduate curriculum. *Journal of Education for Business* 37 (6): 376-378.
- Gatesy J. 1993. Molecular evidence for the phylogenetic affinities of Cetacea. En: Thewissen (Editores). *The emergence of whales: evolutionary patterns in the origin of Cetacea*. Plenum Press, New York, USA.
- Gaskin, D. E. 1982. *The ecology of whales and dolphins*. Editorial Heinemann Educational Books, Inc, London.
- Gerriô, I. & N. Jausovec. 1999. Multimedia: Differences in cognitive processes observed with EEG. *Educational Technology Research and Development* 47 (3): 5-14.
- Gill P. 2000. *The Little Guides: Whales, Dolphins And Porpoises*. Editorial Fog City Press, USA.

- Gillham, M. & K. Buckner. 1997. User evaluation of hypermedia encyclopedias. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 2 (4): 77–90.
- Gingerich, P. 1994. Whales of Tethys. *Natural History* 4: 86-88.
- Gingerich, P. Paleobiological perspectives on mesonychia, archaeoceti and the origin of whales. En: Thewissen (eds). *The emergence of whales: evolutionary patterns in the origin of Cetacea*. Plenum Press, New York, USA.
- Gould, S. J. 1987. *La sonrisa del flamenco*. Editorial Crítica. Barcelona, España.
- Gould, J. C., Bennell, J.D. & S. E Jones. 1996. Sound velocity measurements in spermaceti oil under the combined influences of temperature and pressure. *Deep Sea Research* 43 (74): 961 – 969.
- Harris, G. & C. Garcia. 1990. Ballena franca austral: el lento camino de la recuperación. *Ciencia Hoy* 22 (7): 37 – 43.
- Hawley, P. *Diccionario de química*. España: Omega; 1993.
- Hochachka, P. W. & K. B. Storey. 1975. Metabolic consequences of diving in animals and man. *Science* 187: 613 – 621.
- Howorth, P. 1985. *Whales dolphins and porpoises of the Pacific*. Editorial Shorelines of American Series. Kc Publications, USA.
- Ibeas, G. 1974. *Introducción a la biofísica*. Editorial Alhambra, Madrid.
- Irving, L. 1969. Temperature regulation in marine mammals.. en: *The biology of marine mammals*. Editoiral Academic Press, Londres, Inglaterra.
- Jansen, J. & K. Jansen. 1969. The nervous system of Cetacea. En: *The biology of marine mammals*. Editoiral Academic Press, Londres, Inglaterra.
- Jefferson, T., Latherwood, S. & M. Wabber. 1994. *Marine mammals of the world*. Editorial FOA Species Identification Guide, USA.
- Jonassen, D. 1993. Conceptual frontiers in hypermedia enviroments for learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 2(4): 331 – 336.
- Kellert, S. 1991. Japanese perceptions of wildlife. *Conservation Biology* 5 (3): 297 – 308.
- King, R., Jenks, J. & P. D. White. 1953. The electrocardiogram of a beluga whale. *Circulation*; 8: 387-392.
- Kooyman, G. & H. Andersen. 1969. Deep diving. en: *The biology of marine mammals*. Editoiral Academic Press, Londres, Inglaterra.

- Ladewski, B. 1996. Interactive multimedia learning environments for teacher education: comparing and contrasting. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 15 (1/2): 173 – 197.
- Larsen, A. H., Sigurjonsson, J. Oien, N. *et al.* 1996. Population genetic analysis of nuclear and mitochondrial loci in skin biopsies collected from central northeastern north Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): Population identity and migratory destinations. *Proceedings of The Royal Society of London Series Biological Sciences* 263 (1376): 1611-1618.
- Leatherwood, S. & R. Reeves R. 1985. *The Sierra Club Handbook of whales and dolphins*. Editorial Sierra Club Books, USA.
- Leitao, P. & S. Albagli. 1997. Popularización de la ciencia y la tecnología: una revisión de literatura. Págs. 5-14 en: Eduardo Martínez y Jorge Flórez (eds). *La popularización de la ciencia y la tecnología: reflexiones básicas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Lenfant, C. 1969. Physiological properties of blood of marine mammals. Págs. en: *The biology of marine mammals*. Editorial Academic Press, Londres, Inglaterra.
- Llinás R. 2000. *EL reto: Educación, ciencia y tecnología*. Editorial Cambio. Colombia.
- Martin, A. R., Donovan, G., Leatherwood, S. *et al.* 1990. *The illustrated encyclopedia of whales and dolphins*. Editorial Portland House, New York USA.
- Martínez, E. 1997. La pirámide de la popularización de la ciencia y la tecnología. Págs. 1-4 en: Eduardo Martínez y Jorge Flórez (eds). *La popularización de la ciencia y la tecnología: reflexiones básicas*. Fondo de Cultura Económica, México
- Maya A. Elementos metodológicos de la formación ambiental. Red de la formación ambiental para América Latina y el Caribe. Unidad de Coordinación PNUMA / CIFCA; 1992
- Mc Donalds, S. & Stevenson J. 1998. Effects of text structure and prior knowledge of the learner on navigation. *Human Factors* 40 (1): 18 –27
- Meadows, J. 1997. El crecimiento de la popularización de la ciencia y la tecnología: Un bosquejo histórico. en: Eduardo Martínez y Jorge Flórez (eds).

La popularización de la ciencia y la tecnología: reflexiones básicas. Fondo de Cultura Económica, México

- Medrano, L., Aguayo, A. & J. Urban. 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific ocean. Canadian Journal of Zoology 73: 1735-1743.
- Meijler, F. L. 1985. Atrioventricular conduction versus heart size from mouse to whale. Journal of American College of Cardiology 5 (2): 363 – 365.
- Meijler, F. L. 1986. Comparative aspects of the dual role of the human atrioventricular node. British Heart Journal 55: 286-290.
- Meijler, F. L. 1986. Does the atrioventricular node conduct? British Heart Journal 61: 309-315.
- Meijler, F. L. 1988. Morphology and electrophysiology of the mammalian atrioventricular node. Physiological Reviews 68 (2): 608-647.
- Meijler, F. L. 1989. The mismatch between size and function of the heart. Comparative Electrocardiology Oct. 12 – 13. Intertuniversity Cardiology Institute of the Netherlands.
- Meijler, F. L. 1989. An off-beat whale hunt. British Medical Journal 299: 1563 – 1565.
- Melnikov, V. V. 1993. The arterial system of the sperm whale. Journal of Morphology 234: 37-50.
- Merino G. Los nuevos paradigmas en la enseñanza de las ciencias. Págs. 31-35 en: Eduardo Martínez y Jorge Flórez (eds). La popularización de la ciencia y la tecnología: reflexiones básicas. Fondo de Cultura Económica, México.
- Mestel, R. 1995. Whale bacteria polish off poisonous pollutants. New Scientist 146: 9.
- Milinkovitch, M., Orti, G. & A. Meyer. 1993. Revised phylogeny of whales suggested by mitochondrial ribosomal DNA sequences. Nature 361: 346-348.
- Mogoe, T. et al. 1998. Morphological observations of frozen-thawed spermatozoa of southern minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*). Journal-of-Reproduction-and-Development 44 (1) 95-100.
- Mohl, B., Wahlberg, M. & Madson, P. T. 2000. Sperm whale clicks: directionally and source level revisited. The Journal of the Acoustical Society of America 107 (1): 638-648.

- Morrison, P. 1996. Giants against giant in the dark. *Scientific American* 275: 124.
- Najjar, J. 1998. Principles of educational multimedia user interface design. *Human Factors* 40 (2): 311 – 324.
- Norris, K. & B. Mohl. 1983. Can odontocetes debilitates prey with sound? *American Naturalist* 122 (1): 85 – 104.
- Norris, T., Mc Donald, M. & J. Barlow. 1999. Acoustic detection of singing humpback whales in the easter north Pacific during their northbound migration. *The Journal of the Acoustical Society of America* 106 (1): 506-514.
- Novacek, M. 1992. Mammalian phylogeny: shaking the tree. *Nature* 356: 121-125.
- Novacek, M. 1993. Genes tell a new whale tale. *Nature* 361: 298-299.
- O'Leary, M. A. 1998. Phylogenetic and morphometric reassessment of the dental evidence for a mesonichian and cetacean clade. En: Thewissen (Editores). *The emergence of whales: evolutionary patterns in the origin of Cetacea*. Plenum Press, New York, USA.
- O'Leary, M. & Grisley (Resumen en agenda)
- Pavan, G., Hayward, G. T. & J. F. Balsani. 2000. Time patterns of sperm whale codas recorder in the mediterranean sea 1985 – 1996. *Journal of the Acoustical Society of America* 107 (6): 3487-3495.
- Payne, R. 1978. Songs of humpback whales. *Science* 173: 585.
- Payne, R. 1992. Ballenas francas en la Patagonia. En: *Terranova* (Editores). *Huellas en la arena, sombras en el mar*. Buenos Aires, Argentina.
- Payne, R. 1995. *Among whales*. Editorial Scribner, USA.
- Payne, R. 2000. Treinta años de investigación de las ballenas francas en la Patagonia. Conferencia Magistral, 3º Congreso de la sociedad Latinoamericana de mamíferos acuáticos. SOLOMAC. 30 Octubre – 3 Noviembre 2000. Buenos Aires. Argentina.
- Payne, R & V. Rowntree. 1987. Catálogo fotográfico de individuos avistados en las aguas de la Península Valdés.
- Pearce, F. 1996. Dead dolphin contaminated by toxic plant. *New Scientific* 149: 5.
- Pennisi, E. 1999. Coming to grips with sperm whales anatomy. *Science* 283 (5401): 475.

- Phillips, R. & A. Di Giorgio. 1997 Design. Págs. 89 - 104 en: The developer's handbook to Interactive Multimedia. Editorial Kogan Page, USA.
- Pough, F., Janis, C. & B. Heiser 1999. Vertebrate Life. Quinta edición. Editorial Prentice Hall, New Jersey. USA.
- Rendon, J., Gonzales, F., Alvarez, M. *et al.* 1992. Consulta participativa regional sobre educación ambiental formal y no formal. Bogotá: Dpto. Nacional de Planeación, Ministerio de Educación, Pontificia Universidad Javeriana.
- Reynolds, J. 1985. Investigando el corazón de los animales acuáticos. Geomundo (Marzo) 243-258.
- Reynolds, J. *et al.* 1987. Visión interna y directa del corazón de una ballena. Revista Colombiana de Cardiología 2 (3): 209-211.
- Reynolds, J., Ospina, F., León, J. *et al.* 1986. El electrocardiograma y fonocardiograma de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Revista Colombiana de Cardiología 2 (1): 37 – 41.
- Reynolds, J., Ospina, F., León, J. *et al.* 1986. Electrocardiografía, Fonocardiografía y Profundidad de Buceo en la Ballena Jorobada, *Megaptera novaeangliae*. Resumen XI Reunión Internacional de Mamíferos. Marzo – Abril de 1986, Guyanas, México.
- Reynolds, J., Kerr, I., Palacios, D. *et al.* 1994. Estudio de ultrasonido para visualizar órganos de ballenas. Tribuna Médica 89 (6): 317 – 319.
- Roe, J. L., Thewissen, J. G. M., Quade, J. *et al.* 1998. Isotopic approaches to understanding the terrestrial to marine transition of the earliest cetaceans. En: Thewissen (Editores). The Emergence of Whales: Evolutionary patterns in the origin of Cetacea. Plenum Press, New York, USA.
- Rowntree, V. 1992. Madres y crías. En: Huellas en la arena, sombras en el mar. Editorial Terranova, Buenos Aires, Argentina.
- Salden, D. R., Herman, L. M., Yamaguchi, M. *et al.* 1999. Multiple visits of individual humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between the hawaiian and japanese winter grounds. Canadian Journal of Zoology 77 (3): 504-508.
- Schmidt-Nielsen K. 1997. Animal Physiology. Quinta Edición. Editorial Cambridge University Press. USA.
- Senn, G. & P. Horton. 1996. The effect of hypermapping and embedded prompts on biology achievements and completion rate of hypermedia

courseware. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 15 (1/2): 35 – 47.

- Serna, L. C. 1991. *Estadística simplificada para investigación en ciencias de la salud*. Editorial Trillas, México.
- Shepardson, D. & S. Britisch. 1996. When dinosaurs roamed: hypermedia and the learning of mathematics and science. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 15 (1/2): 7 – 16.
- Siegel, S. & N. J. Castellan. 1995. *Estadística no paramétrica aplicada a ciencias de la conducta*. Editorial Trillas, USA.
- Smith, S. & H. Whitehead. 2000. The diet of Galápagos sperm whale *Physeter macrocephalus* as indicated by fecal sample analysis. *Marine Mammal Science* 16 (2): 315-325.
- Stafford, K., Niekirk, S. & C. Fox. 1999. Low-frequency whale sounds recorder on hydrophones noores in the eastern tropical Pacific. *The Journal of the Acoustical Society of America* 106 (6): 3687-3698.
- Thewissen, J. G. M. & Hussain, S. T. 1993. Origin of underwater hearing in whales. *Nature* 361: 444 – 445.
- Todd, S., Stevick, P., Lien, J. *et al.* 1996. Behavioral effects of exposure to underwater explosions in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Canadian Journal of Zoology* 74 (9): 1661-1672.
- Unesco–UNEP. 1985. *Interdisciplinary approaches in environmental education*. Environmental Education Series No. 14, Division of Science, technical and environmental education. USA.
- Valsecchi, E., Palsboll, P. & P. Hale. 1997. Microsatellite genetics distances between oceanic populations of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). *Molecular Biology and Evolution* 14 (4): 355-362.
- Vidal, O. 1990. Lista de los mamíferos acuáticos de Colombia. *Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Informe del Museo del Mar* 37: 1–18.
- Watson, L. 1981. *Whales of the world*. Editorial Hutchinson & Co, London.
- Wellgart, L., Whitehead, H. & K. Payne. 1996. A colossal convergence. *American Scientist* 84 (3): 278.
- White, P. & S. Matthews. 1956. Hunting the heartbeat of a whale *National Geographic Magazine* 90 (1): 49-64.
- Whitehead H. 1985. Por qué saltan las ballenas. *Investigación y Ciencia (Mayo)* 58 – 63.

- Wong, K. 1999. Cetacean creation. *Scientific American* 280 (1): 26
- Würsing, B. 1990. El comportamiento de las ballenas. *Investigación y Ciencia* (Dic) 78- 86.
- Yildirim, Z., Ozden, M. & Aksu M. 2001. Comparison of hypermedia learning and traditional instruction on knowledge acquisition and retention. *The Journal of Educational Research* 94 (4): 207-214.
- Zhu-Qian. 1998. Some remarks on the structure of the visual system of the bowhead whale (*Balaena mysticetus*). *Report-of-the-International-Whaling-Commission* 0 (48): 497-499.

## REFERENCIAS DE INTERNET

- *A missão da escola do futuro da universidade de São Paulo*. [En línea] “A Escola do futuro”. Sao Paulo.< <http://www.futuro.usp.br/ef/menu/menu.htm>> [Consulta 3 marzo de 2001]
- *Educación a distancia en el mundo*. [En línea]. “Universidad Javeriana” <<http://www.javeriana.edu.co/cua/mundial/inicio.html>> [Consulta 10 de junio de 2001]
- *Facultad de Educación: Educación a distancia*. [En línea]. “Universidad El Bosque”. <<http://unbosque.edu.co/NOTIBOSQUE/NOTIBOSQUE%20EDUCACION.htm>> [Consulta 10 junio de 2001]
- *Grupos de discusión de mamíferos marinos*. [En línea]. “Universidad Jorge Tadeo Lozano”. <<http://www.utadeo.edu.co/areasac/reccnat/biologiam/interaccion.htm##>> > [Consulta 16 de marzo de 2001]
- *Serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. [En línea] “Ministerio de educación nacional”. <[http://www.mineduacion.gov.co/idx\\_lineamientos.htm](http://www.mineduacion.gov.co/idx_lineamientos.htm)> [Consulta 10 de marzo de 2001]
- *Universidad nacional abierta y a distancia*. [En línea]. “Universidad Nacional Abierta y a Distancia”. <<http://www.unad.edu.co/>>. [Consulta 10 de junio de 2001]

## 11. ANEXOS

Anexo 1. Libros de divulgación sobre el suborden Mysticeti a los que el público puede tener acceso en editoriales con puntos de venta en Colombia o importados para Colombia. Datos obtenidos del registro general de la Feria del libro, Bogotá abril de 2001.

<b>Editorial</b>	<b>Título libro</b>	<b>Autor</b>
Time Life Books	Ballena delfines y marsopas	Carwardine et al.
Konemann	Ballenas Ballenas cautivas	Lynne t & G. Fleming
Lerner	El corazón de las ballenas	Reynolds J & I Rozo

Anexo 2. Formato de la encuesta aplicada en el muestreo de la Feria del Libro

**ENCUESTA DE EVALUACION DE UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA: CD ROM INTERACTIVO SOBRE BALLENAS**

Edad \_\_\_\_\_

Nombre del Colegio \_\_\_\_\_ Grado cursado \_\_\_\_\_

**MARQUE UNA DE LAS RESPUESTAS:**

- 1. Las ballenas son un grupo de:**
  - a. Mamíferos
  - b. Peces
  - c. Grandes invertebrados marinos
  - d. Ninguna de las anteriores
- 2. Las ballenas realizan migraciones para:**
  - a. Buscar alimento o lugares para reproducirse
  - b. Huir de los predadores
  - c. Seguir grupos de delfines
  - d. Otros
- 3. Las ballenas se alimentan de:**
  - a. Diferentes especies de delfines
  - b. Algas marinas
  - c. Peces pequeños y crustáceos
  - d. Otros
- 4. El chorro de vapor que producen las ballenas es:**
  - a. Una exhalación
  - b. Una manera de eliminar agua del cuerpo
  - c. Un mecanismo de agresión
  - d. Un juego
- 5. Para respirar las ballenas utilizan:**
  - a. Pulmones
  - b. Branquias
  - c. Piel
  - d. Ninguna de las anteriores
- 6. La gruesa capa de grasa contenida en la piel de las ballenas sirve para:**
  - a. Acumular alimento
  - b. Flotar
  - c. Defenderse de predadores
  - d. b y c son correctas
- 7. Los ancestros antiguos de las ballenas eran:**
  - a. Peces mandibulados
  - b. Ictiosaurios
  - c. Mamíferos terrestres
  - d. Ninguna de las anteriores

**CONTESTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:**

**8. ¿El CD Rom le pareció fácil de manejar?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Porqué? \_\_\_\_\_

**9. ¿Los temas son de fácil comprensión?**

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Porqué? \_\_\_\_\_

**10. ¿Qué tema le interesó más?**

**11. ¿Qué tema fue el que menos llamó su atención y porqué?**

**12. ¿Le gustaría aprender ciencias biológicas a través de este tipo de herramienta educativa?**

**Observaciones:**

Anexo 3. Disponibilidad de tiempo de la sala de informática de la Fundación Rafael Pombo

<b>Fecha</b>	<b>Tiempo disponible para desarrollar la actividad</b>
30 de Abril	12 m - 1 pm
1 de Mayo	12:30 m - 2 pm
2 de Mayo	12:30 m - 2 pm 4:30 pm - 6:15 pm
3 de Mayo	12 m - 2 pm 4 pm - 6pm

Anexo 4. Formato de la encuesta aplicada en el muestreo de los colegios Calasanz y Cardenal Pacelli

**ENCUESTA DE EVALUACION DE UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA: CD ROM INTERACTIVO SOBRE BALLENAS**  
Edad \_\_\_\_\_  
Nombre del Colegio \_\_\_\_\_ Grado cursado \_\_\_\_\_

**MARQUE UNA DE LAS RESPUESTAS:**

<p><b>1. Las ballenas son un grupo de:</b> a. Mamíferos b. Peces c. Grandes invertebrados marinos d. Ninguna de las anteriores</p>	<p><b>6. La gruesa capa de grasa contenida en la piel de las ballenas sirve para:</b> a. Acumular alimento b. Flotar c. Defenderse de predadores d. b y c son correctas</p>
<p><b>2. Las ballenas realizan migraciones para:</b> a. Buscar alimento o lugares para reproducirse b. Huir de los predadores c. Seguir grupos de delfines d. Otros</p>	<p><b>7. Los ancestros antiguos de las ballenas eran:</b> a. Peces mandibulados b. Ictiosaurios c. Mamíferos terrestres d. Ninguna de las anteriores</p>
<p><b>3. Las ballenas se alimentan de:</b> a. Diferentes especies de delfines b. Algas marinas c. Peces pequeños y crustáceos d. Otros</p>	<p><b>8. Las ballenas alimentan a sus crías recién nacidas de:</b> a. Algas b. Peces c. Camarones d. Leche materna</p>
<p><b>4. El chorro de vapor que producen las ballenas es:</b> a. Una exhalación b. Una manera de eliminar agua del cuerpo c. Un mecanismo de agresión d. Un juego</p>	<p><b>9. Para avanzar en el agua las ballenas utilizan:</b> a. La aleta caudal b. Las aletas pectorales c. La aleta dorsal d. El tórax</p>
<p><b>5. Para respirar las ballenas utilizan:</b> a. Pulmones b. Branquias c. Piel d. Ninguna de las anteriores</p>	

**CONTESTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:**

**10. ¿El CD Rom le pareció fácil de manejar?**  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Porqué?  
\_\_\_\_\_

**11. ¿Los temas son de fácil comprensión?**  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Porqué?  
\_\_\_\_\_

**12. ¿Qué tema le interesó más?**  
\_\_\_\_\_

**13. ¿Qué tema fue el que menos llamó su atención?**  
\_\_\_\_\_

**a. ¿Le gustaría aprender ciencias biológicas a través de este tipo de herramienta educativa?**  
\_\_\_\_\_

## Anexo 5. Guión creado para el CD Rom

### TEMA 1. ¿QUÉ SON LAS BALLENAS?

#### Una corta definición de cetáceos

Las ballenas son mamíferos marinos que se encuentran en un grupo **taxonómico** llamado Cetacea; son animales de cuerpos alargados, dotados por un par de aletas pectorales y por una cola dividida en dos lóbulos. (3, 9, 17)

Los cetáceos, al igual que la mayor parte de mamíferos terrestres, mantienen estable su temperatura corporal, respiran aire periódicamente, dan a luz crías vivas y se alimentan con leche secretada por sus glándulas mamarias. (9, 21)

#### Misticetos y odontocetos.

De acuerdo con ciertas características morfológicas, el orden Cetacea está dividido en dos grupos: (3, 9, 59,91)

Suborden Mysticeti (misticetos): reúne a las ballenas propiamente dichas; es decir, animales filtradores sin dientes y dotados de **barbas**, como las ballenas jorobadas.

Suborden Odontoceti (odontocetos): reúne mamíferos dentados como los delfines de mar y agua dulce, la orca, el cachalote, el narval y las belugas.

En términos ecológicos la separación de los dos grupos se debe principalmente a las estructuras utilizadas para la alimentación (barbas o dientes) y las diferencias en hábitos alimenticios. (21,24)

Las ballenas verdaderas son animales filtradores, es decir, se alimentan a través de grandes bocanadas de agua mezclada con alimento (crustáceos y peces pequeños), el cual es filtrado por las barbas que actúan como un colador. (21, 24, 91)

Los odontocetos son depredadores, pueden capturar a sus presas con los dientes y su dieta incluye principalmente peces y calamares. (21, 24, 91)

### TEMA 2. DE LA TIERRA AL MAR

#### Ancestros terrestres

Hace más de 50 millones de años (Ma), algunos grupos de mamíferos que alcanzaron el éxito biológico en la tierra, iniciaron el retorno al antiguo mar de **Tethys**, y es aquí donde empieza la historia evolutiva de las ballenas. (26)

Se trataba de los mesoniquianos, mamíferos completamente terrestres, cuadrúpedos, carnívoros, omnívoros y herbívoros. (21, 60, 90)

Los mesoniquianos eran animales similares a un perro - lobo, con una masa corporal que podía variar de 10 a 250 kg. (3, 21, 27)

La mayor parte de los fósiles de mesoniquianos que se han descubierto, provienen de África, Norte América, Australia y Nueva Zelanda; algunos tienen más de 64 Ma, sin embargo se han encontrado fósiles de 33 Ma y de los periodos comprendidos entre estas dos fechas. (17, 27)

Una teoría evolutiva afirma que algunas poblaciones de mesoniquianos colonizaron zonas costeras y pantanos y empezaron a explotar los nichos que dejaron abandonados los reptiles acuáticos que se habían extinguido (18); a partir de estos grupos se originaron los arqueocetos, es decir los ancestros de las ballenas actuales. (3, 27)

#### Características de los arqueocetos

Los arqueocetos vivieron durante el **Eoceno** y eran animales que presentaban adaptaciones relacionadas con el paso de un medio terrestre a uno acuático: cuerpo alargado, extremidades posteriores reducidas, fosas nasales desplazadas al dorso (para respirar en la superficie de los océanos) y cambios en los sistemas de osmorregulación. (3, 21, 26, 43, 76)

En el caso de los arqueocetos algunos de sus sentidos, como la audición, se fueron especializando; mientras que otros, como el olfato, perdieron funcionalidad. (13, 82)  
En estos animales, las extremidades posteriores impulsaban el cuerpo (como remos) y su movimiento estaba controlado por la cadera. (2, 3)

### Descubrimientos de fósiles

Durante los últimos años, los paleontólogos han tratado de develar los misterios de la evolución de las ballenas reuniendo piezas de la historia fósil de estos animales. (13)

Dentro del registro fósil de los arqueocetos se han encontrado algunos que representan estados intermedios entre los arqueocetos y los actuales cetáceos. (3, 26)

*Ambulocetus natans*, es el fósil de un animal que tenía el rostro elongado, aletas pectorales y patas traseras que podían utilizarse para sostener el cuerpo al caminar o para facilitar su movimiento en el agua. (3, 26)

*Basilosaurus* es otro ejemplo interesante: es el fósil de un arqueoceto avanzado, sin pelo, con las fosas nasales bastante desplazadas, de 21 m de largo, con aspecto de serpiente y con el rostro muy alargado. (18)

### Formas modernas

A medida que los diferentes organismos se adaptaban más a la vida acuática se produjeron nuevos cambios que llevaron a las formas actuales. En los dos grupos (Odontocetos y Mysticetos) los huesos de las extremidades posteriores (ya muy reducidas) se fusionaron dando origen a la cola y a una nueva forma de desplazamiento, basada en movimientos verticales de la cola. (3)

Durante el Oligoceno (hace 30 Ma) se “separaron” los dos grandes subórdenes de cetáceos. Mientras que en algunos grupos se conservaron los dientes (Odontocetos), en otros grupos (Misticetos) los dientes fueron remplazados por barbas y el cuerpo sufrió fenómenos de gigantismo. (53)

Las formas modernas de ballenas traen vestigios de sus ancestros terrestres: en las aletas pectorales se observan claramente restos de los cinco dedos (21) y en la región caudal hay restos de los huesos que conformaban la cadera. (9)

### Estudios moleculares

Desde hace varios años se vienen realizando estudios genéticos para encontrar las relaciones de parentesco entre las diferentes especies de cetáceos, y entre los cetáceos y otros grupos de mamíferos (11, 40, 44, 53, 84). En algunos casos se trabaja con muestras de piel obtenidas a través de dardos especialmente elaborados para biopsias.

Una de las conclusiones más importantes de los estudios moleculares es que el grupo de animales vivientes más relacionado con los cetáceos es el de los **artiodáctilos**, es decir los animales que dieron origen a **ungulados** como hipopótamos y camellos. (9, 58, 90)

## TEMA 3. LOS SENTIDOS

### ¿Tienen sentido del olfato?

Las ballenas tienen **bulbos olfatorios** reducidos y, a diferencia de lo que ocurre con grupos de mamíferos terrestres, no existe la relación gusto - olfato. (3, 35)

En estos animales el sentido del olfato se ha modificado y son otros los sentidos que se utilizan más para dar información sobre el medio que les rodea.

### ¿Cómo es la visión?

En las ballenas el ojo es aplanado en la región anterior y puede adaptarse al medio acuático y aéreo, gracias a la elasticidad del lente; este es un aspecto fundamental, ya que todas las especies pasan parte de su vida en superficie. (3)

La posición de los ojos de las ballenas (lateral y no frontal) indica que la visión no es estereoscopia sino binocular. (18)

El ojo tiene glándulas de Harderian, que producen una solución viscosa para proteger la córnea del contacto permanente con el agua de mar. (3)

Para dar una mayor funcionalidad al ojo, las ballenas, al igual que otros mamíferos terrestres como los perros, los gatos y las vacas, cuentan con una capa reflectiva conocida como *tapetum lucidum*, que da más sensibilidad a la luz. (3, 39)

Se cree que la visión es utilizada por las ballenas para coordinar actividades de grupo como la cacería y la alimentación y, en algunas especies, para reconocer lugares durante las migraciones. (13)

### **¿Qué ocurre con el sentido del gusto?**

No se conoce mucho sobre el sentido del gusto en ballenas, pero al igual que otros mamíferos, presentan papilas gustativas en la lengua, lo que está relacionado con la capacidad de discriminar sabores. (3, 21, 64)

### **Tacto y piel**

Para las ballenas el tacto representa un mecanismo de reconocimiento y exploración. Muchos animales se tocan y frotan contra otros individuos o contra objetos e interpretan este contacto a través de terminaciones nerviosas que tienen en los pliegues de la piel. (7, 18)

La piel que recubre las aletas también se considera un órgano táctil especialmente en lo que se relaciona con el comportamiento social y sexual. En diferentes grupos de ballenas se han observado golpes muy fuertes de las aletas contra la superficie del agua, se cree que es un elemento importante en la comunicación. (18, 25)

Aunque la piel de las ballenas no presenta pelo, cerca de la boca se observan vibrizas, es decir pelos sensoriales, que amplifican las señales que el animal recibe. (3) Al igual que el resto de mamíferos, la piel está formada por tres capas, una externa llamada epidermis que contiene queratina; una intermedia llamada dermis, rica en vasos sanguíneos; y una profunda llamada hipodermis que contiene células de grasa (3, 18). La capa aislante es la dermis, que gracias a los vasos sanguíneos puede termorregular al animal y controlar el intercambio de calor con el medio.

### **Audición**

Las ballenas actuales, a diferencia de muchos otros grupos de mamíferos, no tienen oído externo; en la cabeza se observan dos pequeños orificios laterales seguidos por un canal que comunica al oído medio y al interno. (21)

Para evitar que el oído sufra por efectos de la presión del agua, los canales auditivos están rodeados de grasa que actúa como un aislante. (13)

### **Producción de sonido**

El mar es un medio lleno de ruidos producidos por el viento, los barcos, la lluvia, las mareas, (64), y es justamente en medio de esta confusión de ruidos donde las ballenas logran comunicarse y encontrar las señales acústicas que se envían unas a otras. (43)

Estos animales tienen la capacidad de detectar características del agua (21 43).

Varias de estas características como la temperatura y la salinidad determinan canales naturales conductores de sonido. (21)

En términos físicos, el agua es mejor conductor de sonido que el aire. La velocidad del sonido en el agua es de 1800 metros/segundo (m/s) mientras que el aire es de 380 m/s, es decir, cinco veces mayor. (3, 21, 64)

A diferencia de los humanos, las ballenas no poseen cuerdas vocales y cuando producen sonidos, lo hacen bajo el agua con la boca y los canales nasales cerrados. (3, 21, 43)

Las vocalizaciones son de baja frecuencia (3 k Hz – 35 k Hz) y se cree que se originan por movimientos de aire a presión en la cabeza y en la región nasal. (64)

Los sonidos se propagan a grandes distancias en los océanos y se les atribuyen muchas funciones como: advertencia de peligros, reconocimiento sexual, comunicación a larga distancia, comunicación entre manadas e información sobre alimento. (64, 91)

Algunas especies como las ballenas jorobadas y las francas producen cantos, es decir vocalizaciones bastantes largas y moduladas que incluyen frecuencias [infrasónicas](#) y [ultrasónicas](#). (3, 64)

#### **TEMA 4. TERMORREGULACION**

##### **Control de temperatura y aislamiento**

Las ballenas deben soportar cambios fuertes de temperatura en el medio que las rodea; en algunas épocas se encuentran en aguas muy frías (menos de 10 grados) y en otras en aguas cálidas.

Estos mamíferos han desarrollado diferentes estrategias para regular el intercambio de calor con el medio y mantener estable su temperatura corporal; esta capacidad se conoce como termorregulación. (3, 24)

El aislamiento es una excelente solución para los ambientes fríos; en el caso de las ballenas, ésto se logra a través de una gruesa capa de piel con un alto contenido en grasa. (3, 18, 21, 34)

La grasa, a diferencia del agua, conduce el calor de una manera poco eficiente y esto evita que el calor se pierda por la piel cuando el animal está sumergido. (3, 19, 31)

##### **Sistemas de contracorriente**

Si la ballena se encuentra en aguas frías, las regiones del cuerpo que no están bien aisladas con grasa, pueden perder calor; para evitar que esto suceda, existen sistemas de intercambio de calor por contracorriente, que se conocen como “red admirable”. (3 18, 19, 33)

La red admirable consiste en un conjunto de venas y arterias, que se encuentra en los capilares sanguíneos y que permite que dos flujos de sangre (el venoso y el arterial) se mantengan cercanos, corran en direcciones opuestas y puedan transferir calor de uno a otro. (79)

La sangre contenida en las aletas y en la cola tiende a enfriarse si el medio es frío; pero, gracias a la red admirable y a la posición de los vasos sanguíneos, las arterias ceden calor a las venas y la sangre se precalienta antes de llegar a las regiones del cuerpo que sí están bien aisladas y en las que se puede conservar el calor. (79)

Si la ballena nada activamente o si se encuentra en aguas tropicales, puede “recalentarse” porque el calor que ella misma produce se acumula en el cuerpo por efecto de la capa de grasa. Para evitar que esto ocurra, el sistema de contracorriente de los vasos sanguíneos hace que las venas (de las regiones del cuerpo poco aisladas) cedan el calor de la sangre circulante al aire o al agua y baje la temperatura corporal. (18, 25)

##### **Superficie – volumen**

La relación superficie – volumen es un aspecto muy importante si se piensa en un mamífero de gran tamaño que puede perder calor a través de su piel. Es importante recordar que el volumen aumenta al cubo ( $m^3$ ) la superficie al cuadrado ( $m^2$ ). (3)

Si se tiene un gran volumen lo ideal es dejar la menor superficie posible en contacto con el ambiente frío, esto se logra a través de una forma redonda (la figura geométrica que tiene el mayor volumen y la menor superficie). (3, 19)

Las ballenas tienen un cuerpo largo y desfavorable desde el punto de vista termal, pero gracias a su gran tamaño es posible mantener esa forma corporal sin perder demasiado calor por su superficie. (3, 19)

#### **5. EL CORAZON DE LAS BALLENAS**

##### **Primeros trabajos científicos sobre el corazón**

El profesor Harold Heath, de la Universidad de Stanford, California, realizó la primera disección al corazón de una ballena, su trabajo fue publicado en el año 1918. (75)

Los primeros trabajos científicos reportados sobre [electrocardiografía](#) en ballenas fueron publicados por el Dr. Paul D. White y colaboradores, entre 1917 y 1952. El objetivo general de su investigación era comparar la actividad cardíaca en mamíferos de diferentes tamaños y para esto se tomaron electrocardiogramas por medio de electrodos introducidos con dardos en la piel de los animales y conectados a un sistema de registro. (38, 88)

### **Un gran corazón**

El corazón de las ballenas tiene el sistema de conducción más evolucionado dentro del grupo de los mamíferos, lo que ha llevado a desarrollar estudios electrocardiográficos en varias especies, con el fin de comprender el funcionamiento de este músculo con relación a su tamaño. (46, 47, 48, 49, 50, 70, 71)

El corazón de la ballena azul puede alcanzar el tamaño de un automóvil pequeño, es decir, 4000 veces más grande que el corazón humano y en él, una persona podría estar de pie en un ventrículo. (64, 75)

En estos animales el músculo cardíaco pesa aproximadamente dos toneladas, moviliza hasta 1000 litros de sangre por contracción y sus válvulas son del tamaño de una rueda de automóvil. (64, 75)

Se ha observado que la aorta de estas ballenas alcanza a medir hasta 45 cm de diámetro, es decir un niño pequeño podría fácilmente gatear dentro. (10, 64)

En el corazón de las ballenas azules el [fascículo de His](#) y las [fibras de Purkinje](#) se transformaron en los sistemas más rápidos y eficientes de conducción eléctrica, si se comparan con los de otros mamíferos. (75)

### **Investigaciones en Colombia.**

En Colombia el grupo S. C. V. S. (Seguimiento Corazón Vía Satélite) dirigido por el Dr. Jorge Reynolds, ha realizado valiosas investigaciones sobre actividad cardíaca en muchas especies que incluyen el delfín rosado del Amazonas, el cachalote, la ballena jorobada y la orca. (75)

El primer electrocardiograma tomado en el mundo a una ballena jorobada fue registrado por el Dr. Jorge Reynolds en el año 1984, en inmediaciones de la Isla Gorgona, en el Pacífico colombiano. (75)

Utilizando sistemas [telemétricos](#) el grupo registró por primera vez en el mundo, un electrocardiograma y un [fonocardiograma](#) de una ballena jorobada y los relacionaron con la profundidad a la que se encontraba el animal. (75)

S.C.V.S. fue el primer grupo en Colombia en utilizar los satélites para el seguimiento electrocardiográfico de las ballenas. (75)

S.C.V.S. ha realizado también estudios con ultrasonido y [ecocardiografía](#) para visualizar, a través de las densidades de los tejidos, los órganos de especies como el cachalote. (75)

El equipo fue el primero en el mundo en utilizar submarinos oceánicos de guerra y equipos de [sonar pasivo](#), para obtener la acústica del corazón. También fue el primero en registrar el electrocardiograma más largo tomado hasta la fecha a una ballena jorobada (199 [complejos continuos](#)). (75)

## **6. LOCOMOCION**

### **¿Qué implica para las ballenas el desplazamiento?**

Uno de los principales problemas que deben enfrentar las ballenas es la resistencia del agua que limita la velocidad de natación. El agua es 800 veces más densa que el aire y 30 veces más viscosa. (3)

El 40% del peso corporal de una ballena es músculo, esto le permite desplazarse en un medio tan denso y viscoso como el mar. (18)

Para todos los organismos acuáticos las acciones de nadar y sumergirse implican un gran gasto energético, por este motivo, los diferentes grupos, han desarrollado muchas adaptaciones anatómicas que facilitan su desplazamiento en el agua. (3)

Las ballenas tienen algunas adaptaciones como la forma alargada de su cuerpo (para mayor hidrodinamia), la piel lisa y sin pelos y la internalización de los órganos reproductores (pene) y de las glándulas mamarias(para evitar turbulencia en el agua). (18, 41)

### **Formas de desplazamiento.**

Las ballenas, al igual que los manatíes, se desplazan por la propulsión que generan movimientos verticales de la cola; los otros grupos de mamíferos marinos lo hacen por oscilaciones pectorales o de la pelvis. (3)

El tipo de desplazamiento en la mayoría de especies de ballenas, forma en el agua un **flujo laminar**, el cual da mayor eficiencia para "romper" la resistencia del agua. (24)

La velocidad alcanzada por estos animales, varía entre las especies, pero puede llegar a 30 Km/h en animales como la ballena jorobada y la ballena azul. (3 24)

La flotación es otro mecanismo de locomoción, cuando dormitan las ballenas permanecen en superficie y se dejan llevar por el movimiento de las olas. Se ha observado que especies como la ballena franca dejan por fuera la cola mientras dormitan y esta hace el papel de "vela" para la navegación. (65)

### **Función de las aletas.**

Además de la forma corporal, las ballenas tienen estructuras que facilitan la estabilidad y la propulsión. Las **aletas pectorales** por ejemplo, tienen una forma plana y alargada que da estabilidad y dirección al cuerpo al momento de nadar; la cola al ser movida verticalmente da la fuerza de propulsión necesaria para realizar los desplazamientos. (3)

Algunas especies presentan también **aleta dorsal**; aunque su función no se ha aclarado por completo, se cree que puede servir para dar estabilidad y regular la temperatura corporal o para el reconocimiento de los sexos. (21)

La **aleta caudal** varía de forma y tamaño en respuesta a la forma corporal del animal, y esto genera diferentes patrones de locomoción. (3)

## **7. RESPIRACIÓN**

### **Patrones de respiración**

En la superficie de los océanos las ballenas respiran a través de los orificios nasales ubicados en el dorso de su cuerpo y lo hacen para renovar el aire de sus pulmones. (18, 43)

Después de haber realizado varias ventilaciones, el animal se sumerge y los orificios nasales se cierran por medio de válvulas; los tiempos de inmersión cambian de acuerdo a las especies y pueden variar de 20 a 80 minutos. (3)

En superficie las exhalaciones tienen forma de un "geiser" (soplo), porque el aire contenido en los pulmones es expulsado con fuerza hacia las fosas nasales; el aire a presión, atomiza el agua y los aceites que se encuentran en estos canales, produciendo la columna visible y muy caliente de vapor de agua. (3, 21, 25)

El "geiser" de las diferentes especies, varía considerablemente en altura y forma, de acuerdo con la dispersión del agua y constituye un elemento muy importante para la identificación de los individuos. (43)

### **¿Qué ocurre durante una inmersión?**

Las ballenas al sumergirse no pueden acumular mucho aire en sus pulmones porque a gran profundidad, la presión hace que el oxígeno se vuelva tóxico, y el nitrógeno, obtenido al respirar el aire, se disuelve en la sangre y se transforma en burbujas al momento de ascender. (3, 13, 39)

Como las ballenas necesitan sangre oxigenada para sus actividades metabólicas, y no pueden sumergirse con los pulmones llenos de aire, acumulan oxígeno por medios químicos, asociado a moléculas como la hemoglobina en la sangre y de **mioglobina** en los músculos. (3, 21, 31, 42, 43)

Los mecanismos alternos para acumular oxígeno tal vez podrían explicar el hecho de que los pulmones, proporcionalmente al tamaño corporal, sean más pequeños que los de otros mamíferos. (3)

En comparación con otros mamíferos, las ballenas poseen más sangre y en consecuencia, más hemoglobina, lo que aumenta la cantidad de oxígeno disponible. (20, 25)

Los pulmones y los alvéolos se colapsan durante la inmersión y el poco aire contenido es enviado hacia las regiones (como la tráquea) donde no ocurre intercambio gaseoso, evitando así que el nitrógeno pase a la sangre y produzca burbujas. (13, 18, 25, 32, 39)

Las ballenas tienen muy pocas contracciones cardíacas por minuto (8 – 10) y para ahorrar oxígeno durante las inmersiones estos animales y otros grupos de mamíferos

marinos, reducen la frecuencia cardíaca a la mitad (bradicardia) y, al mismo tiempo, el volumen de sangre oxigenada que circula hacia los diferentes órganos y tejidos. (20, 25, 31)

Otra respuesta que da el cuerpo de las ballenas a la inmersión es la **vasoconstricción periférica** (20, 31), que permite mantener la circulación de sangre oxigenada sólo en algunos órganos internos importantes como el cerebro, el hígado y los riñones. Los otros órganos mantienen su actividad con un metabolismo anaerobio, es decir sin utilizar oxígeno. (20)

## 8. MIGRACIONES

### ¿Cómo ocurren las migraciones?

Las migraciones son viajes anuales y cíclicos, que van dirigidos desde las zonas de alimentación (frías o templadas) hacia los sitios de reproducción (trópico) y viceversa. (24, 25, 64, 91)

Las largas migraciones que realizan algunas especies de ballenas, están relacionadas con necesidades reproductivas y alimenticias (9 43 69). Estas migraciones pueden abarcar, como en el caso de la ballena jorobada, hasta 20.000 Km de distancia. (18)

Comúnmente las migraciones van dirigidas desde alguno de los dos polos hacia el ecuador y del ecuador a los polos, sin embargo, esto es una generalización, ya que las distancias y la dirección de las rutas migratorias varían mucho de acuerdo a las especies. (64)

### ¿Cómo reconocen las rutas migratorias?

La producción de sonidos de baja frecuencia es uno de los sistemas que resulta más eficiente para que las ballenas puedan comunicarse a grandes distancias (21). Este podría ser un sistema utilizado para mantener el contacto entre los individuos durante las migraciones. (57 64)

Al igual que las aves, las ballenas tienen la capacidad de orientarse a través de los campos magnéticos de la tierra; esto es posible gracias a la presencia de **magnetitas** en la corteza del cerebro, que responden a los campos magnéticos de la tierra y dan información útil para dirigir las rutas migratorias. (19, 21, 43)

Otro elemento importante que utilizan las ballenas para orientarse son los sonidos producidos bajo el agua por peces, invertebrados y otros organismos. (24)

### Zonas de alimentación

Las ballenas que realizan largas migraciones se alimentan solo durante ciertos meses del año y lo hacen en los meses de verano de las zonas polares (árticas o antárticas), donde se concentran sus fuentes de alimentación (**krill**, crustáceos y peces pequeños). (9, 25, 64, 69)

Existen dos formas principales de alimentación: por barrido, cuando el animal se desplaza en superficie con la boca abierta y, por engolfamiento, cuando la ballena se sumerge, llena la boca de agua y sale a la superficie expulsando agua a través de las barbas y capturando entre estas láminas crustáceos y peces pequeños. (13, 25)

En la época de alimentación, las ballenas acumulan reservas de grasa en la piel y es así como pueden soportar los varios meses de ayuno que dura el viaje hacia los sitios de reproducción. (3, 9, 19)

En los meses de alimentación el espesor de la piel puede alcanzar los 50 cm en algunas especies; el ayuno prolongado durante la migración reduce el espesor de la piel a 15 cm aproximadamente. (75)

### Zonas de reproducción

Una vez que inicia la primavera en los polos y se reduce la fuente de alimento, las ballenas viajan hacia los sitios de reproducción en aguas tropicales o subtropicales, y allí pasan todo el invierno. (9, 64)

En la mayoría de especies el apareamiento es **poligínico** o **promiscuo** y durante esta época las hembras están siempre receptivas para recibir a los machos. (13, 25)

La gestación suele durar 10 meses o más, y el cuidado materno se da en todas las especies. (13)

Las madres buscan aguas cálidas y tranquilas para proteger a las crías de los posibles predadores (orcas y tiburones) (14) y los machos las siguen, buscando oportunidades de aparearse. (18, 64)

Cuando se inicia el ciclo de migración las madres y las crías parten juntas hacia zonas de alimentación y sólo se detienen durante las largas trayectorias para la amamantación (13); la fuente de energía para el viaje proviene de la gruesa capa de grasa acumulada en la piel. (69)

### **Monitoreo**

Para la identificación y observación de animales se utilizan diferentes elementos como son las secuencias de respiración, forma del “geiser”, la forma y pigmentación de las aletas, el tamaño de los grupos y los patrones de comportamiento. (25)

Algunas características físicas, propias de cada especie, funcionan también para elaborar catálogos fotográficos de identificación; un ejemplo muy claro es el de las callosidades de las ballenas francas o los patrones de pigmentación de la cola de las ballenas jorobadas. (66)

Estudios recientes de seguimiento y monitoreo han involucrado el uso de transmisores que se ubican en la capa externa de grasa de los animales y permiten realizar seguimiento vía satélite. (3, 29, 65, 75)

Desde hace más de 40 años muchos países han venido utilizando hidrófonos, como sistema para ubicar submarinos, pero hace sólo dos décadas se utiliza para localizar mamíferos marinos a través de los sonidos que producen; los hidrófonos constituyen actualmente uno de los métodos más importantes para seguimiento y monitoreo de ballenas. (4, 13, 81)

Los registros acústicos han permitido localizar y seguir animales durante recorridos verdaderamente largos; los sonidos se han analizado a través de sonogramas y sistemas de computación. Estos estudios junto con los censos aéreos y los procesos de fotoidentificación, han permitido un acercamiento al comportamiento social de los individuos. (3)

### **Ballenas en Colombia**

En las aguas costeras y oceánicas de Colombia, se han observado las seis especies que conforman el grupo de los rorcuales, es decir ballenas jorobadas, azules, de Minke, Sei, de aleta y de Bryde. (8, 23, 85)

Las ballenas jorobadas y las de aleta han llegado a las costas y bahías tanto del océano Pacífico como del Atlántico. Las ballenas de Bryde, Minke y Sei, se han reportado esporádicamente en aguas costeras y oceánicas del Pacífico; las ballenas azules se han observado solamente en aguas muy retiradas de la costa del Pacífico. (8, 23, 85)

## **9. DEPREDACIÓN**

### **Cacería**

Algunas especies de cetáceos han estado y están amenazadas debido a la cacería intensiva que han sufrido en el curso de la historia. (6, 9, 18)

Las actividades de cacería son muy variadas e incluyen desde el pasado armas como cañones, hachas y arpones hasta lanzas eléctricas usadas en la actualidad (7, 18, 64)

En la década de 1930, los barcos - factorías fueron los responsables de la cacería y el procesamiento a bordo de muchas especies de cetáceos; a causa de la actividad intensiva de estos barcos, especies como las ballenas azules y el cachalote estuvieron a punto de extinguirse. (6, 7)

### **Productos obtenidos de las ballenas**

Los elementos más apreciados por los balleneros eran las barbas, el aceite y la carne; sin embargo, se ha hecho buen uso de otras partes del cuerpo de las ballenas.

De la grasa contenida en la piel obtuvieron aceite puro y translúcido para uso cosmetológico, elaboración de jabones y detergentes, aceite para cámaras fotográficas y mecanismos delicados. (7)

De las barbas se elaboraron cepillos, varillas para sombrillas, varillas para corsets antiguos, cuellos de camisas, cuerdas de raquetas y cuerdas de clavichembalos. (7)

Con la piel se han hecho pantallas para lámparas, telas impermeables y paraguas. (7)

Otro producto de gran importancia es su carne que se comercializa, hoy en día, de manera ilegal. (75)

En la actualidad el aceite de ballena ha sido reemplazado por aceites vegetales, como la jojoba, y aceites minerales. Gracias a la utilización de la fibra sintética se han dejado de utilizar muchos de estos elementos y se ha contribuido a la protección de varias especies que estaban o están en peligro de extinción.

### **Medidas de seguridad**

En 1946 se creó en Washington una “Comisión Ballenera Internacional” (International Whaling Commission) cuyo objetivo es proteger especies amenazadas; algunas de las normas establecidas por la comisión funcionan para proteger especies como la ballena franca, la gris, la azul y la jorobada, sin embargo, estas normas no se han cumplido como se esperaba. (64)

En las últimas décadas ha sido importante la acción de grupos que buscan la conservación y la protección de las especies. (75)

Pese a las medidas de seguridad hoy en día la caza y sacrificio de ballenas es común para países como Japón (37), Noruega e Islandia. Los esquimales son el único grupo con autorización de la Comisión Ballenera Internacional para cazar ballenas, ya que en este caso particular se trata de cacería de subsistencia. (64)

### **Contaminación del mar**

Diferentes tipos de desechos tóxicos (PBCs, DDT, DDE contenidos en insecticidas, herbicidas, plaguicidas) llegan al mar por varias vías, no se disuelven y son ingeridos por las ballenas. (64)

Algunos estudios recientes demuestran que las bacterias que habitan en el estómago de las ballenas sirven para limpiar los tóxicos y químicos industriales que ellas ingieren (52), pero estas sustancias actúan en varios órganos y tejidos del cuerpo a la vez, lo que puede generar infecciones, suprimir la actividad del sistema inmune y alterar los ciclos normales de reproducción. (7, 9, 29, 43, 67)

Las sustancias tóxicas se acumulan en la leche materna y de esta forma los efectos nocivos se pueden transmitir de generación en generación. (9)

Otro elemento que perjudica a muchas poblaciones son las redes de pesca abandonadas, ya que los animales pueden quedar fácilmente atrapados; este hecho se ha sumado a explosiones con dinamita, relacionadas con la construcción en zonas cercanas a las costas. (29, 83)

### **Estado de conservación**

Desde hace varios años se estudia el estado de conservación de las especies, es decir, la situación en la que se encuentran las poblaciones frente a los factores que pueden resultar amenazantes.

Entidades como IUCN y CITES, se encargan de producir informes (de acceso libre al público) en los cuales se registran las especies y las categorías asociadas, donde indican en qué estado se encuentran las poblaciones y de acuerdo con esto, qué medidas de conservación o de protección son las más adecuadas. (36)

## 11. EJEMPLOS

### **BALLENAS AZULES (*Balenoptera musculus* Linnaeus 1758).**

#### **Breve descripción de las ballenas azules**

Las ballenas azules se encuentran en el Atlántico Norte, Pacífico Norte y en el Hemisferio Sur (6, 21, 36, 43), pero al igual que otros rorcuales, realizan migraciones estacionales a las aguas tropicales para reproducirse. (21)

Son los animales más grande del mundo y su tamaño supera el de los grandes dinosaurios. (1, 6, 10, 43)

Pueden medir hasta 33 metros de longitud (longitud de tres tractomulas) y pesar más de 200 toneladas (6, 10, 21, 43); es decir, el peso de 25 elefantes o de 1600 hombres.

La forma de su cuerpo asemeja un torpedo muy largo y su piel tiene apariencia de color gris en la superficie y azul cuando se sumerge. (10, 36)

A distancia se puede reconocer por el tamaño del soplo que producen al respirar, el cual puede llegar a los 9 metros de altura. (41)

#### **¿Cómo se alimentan?**

Las ballenas azules se alimentan de krill en las zonas polares. (6, 10, 22, 36, 43)

Es difícil creer que un animal de estas dimensiones se alimente de presas tan pequeñas (5 – 7 cm aproximadamente), por este motivo diariamente debe ingerir entre cuatro y ocho toneladas de alimento. (1, 6, 10, 41)

El alimento lo empujan con la lengua que actúa como émbolo y lo filtran a través de las barbas que funcionan como un cedazo, lo que permite que salga el agua de la boca y retenga las presas. (6)

Muchas aves acuáticas se congregan en los grupos de alimentación de las ballenas azules para aprovechar las sobras del alimento que desechan. (6)

#### **Reproducción.**

Las ballenas azules de ambos hemisferios se aparean y tienen sus crías en aguas tropicales; sin embargo, no parecen reunirse en zonas de reproducción, como ocurre con especies como las ballenas francas o jorobadas. (10, 36)

Por el océano Pacífico colombiano pasan las migraciones de ballenas azules, pero se trata de animales enteramente oceánicos y no se les ha observado cerca de la costa. (75)

Una vez apareadas las hembras, inician un largo período de gestación y después de 10 - 11 meses nacen los ballenatos, que pesan cerca de 2.500 kg y miden alrededor de 8 metros (10, 43). Para alimentar a sus crías las madres segregan diariamente 700 litros de leche rica en grasa, calorías, proteínas, fósforo, calcio y tiamina. (75)

El período de lactancia dura casi un año; la leche materna contiene alrededor de un 30% de grasa en comparación a la leche humana que contiene solo un 3%.

Durante los 2 primeros años de vida los ballenatos presentan las tasas de crecimiento más elevadas entre los mamíferos: aumentan de peso a razón de 80 – 90 Kg por día, y de longitud, aumentan cuatro centímetros diarios aproximadamente. (6, 24)

#### **La voz más intensa del océano**

Estos animales, al igual que las ballenas jorobadas, producen sonidos con frecuencias muy bajas que pueden transmitir a grandes distancias a través del agua (10). Todavía quedan muchas preguntas sobre la función que pueden tener estos sonidos, pero se cree que juegan un papel muy importante durante el cortejo (6) y la comunicación. (10)

Los cantos de las ballenas azules duran unos pocos segundos y contienen sonidos de frecuencias muy bajas (64); algunos autores afirman que estos animales tienen el sonido más “intenso” que pueda producir un ser vivo. (10)

A tres metros de distancia la intensidad del sonido producido por una ballena azul puede ser de 200 db y podría romper el tímpano del oído de un hombre. (75)

### **El hombre y las ballenas azules**

Las ballenas azules estuvieron a punto de extinguirse durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. (1)

En el siglo XX se sacrificaron alrededor de 400.000 animales y se cree que a raíz de esto el 95% de las poblaciones del hemisferio sur fueron destruidas. (10)

Actualmente la especie está en peligro, es decir, podría llegar a la extinción si no se toman medidas de protección en el futuro (36). La única población que parece estable es la del Pacífico Norte, al este de California, en la que se han observado cerca de 2000 animales. (10)

## **BALLENAS JROBADAS**

### **Gigantes alados.**

Al igual que las ballenas azules, las jorobadas tienen una amplia distribución y se encuentran en todos los océanos. (9, 21, 41)

Son animales negros o grises, con una forma corporal alargada y robusta que recuerda un Boeing 707. (10)

Las ballenas jorobadas tienen las aletas más largas dentro del grupo de rorcuales; alcanzan un tercio de la longitud total del cuerpo (9, 36, 64); por este motivo se les conoce también como los gigantes alados de los océanos.

### **Madres y crías.**

En lo que se refiere a la reproducción, los sistemas sociales de la ballena jorobada son similares a los de otras ballenas, pueden ejercer la poliginia o promiscuidad (11). El apareamiento lo realiza de forma vertical, cuerpo a cuerpo. (43)

La gestación dura entre 10 y 11 meses y los ballenatos pesan al nacer aproximadamente 1300 kg. Inmediatamente después del parto la madre saca a su cría a la superficie para que aprenda a respirar y se llenen los pulmones de aire. (9)

Las madres y los ballenatos permanecen juntos durante los primeros dos años de vida de la cría; en las extensas migraciones no viajan solos, llevan como compañía a otra ballena a la que se le denomina comúnmente “tía” pero puede ser un macho o una hembra. (75)

### **Largas migraciones.**

Las ballenas jorobadas realizan migraciones cíclicas (5, 9, 15, 36, 78), en grupos pequeños de dos o tres individuos. (36, 41)

En las zonas de alimentación (árticas o antárticas) las ballenas se reúnen en grupos de hasta 20 individuos (36, 41) e ingieren krill y peces pequeños como sardinatas y capelin; diariamente pueden tomar cerca de 100 kg de alimento. (9)

Las jorobadas cazan en grupo creando nubes y redes de burbujas cuando se sumergen (36); esto lo logran por exhalaciones de aire y producen un ruido parecido al de una máquina a vapor. Dentro de las redes los peces se inquietan y se agrupan, esto favorece a las ballenas que suben nadando en espiral con la boca abierta. (64, 91)

En aguas tropicales buscan costas que bordeen islas o zonas cercanas a arrecifes coralinos. (10)

Algunos individuos del Pacífico sur migran por el océano Atlántico hasta llegar a aguas correspondientes al Brasil ecuatorial, otros vienen a las costas del Pacífico colombiano para aparearse y tener sus crías (9, 71). Estas migraciones ocurren desde finales de julio hasta mediados de octubre. (75)

Los animales guardan fidelidad a los sitios que visitan durante las migraciones; parece ser un comportamiento que se trasmite por línea materna. (10)

Durante las migraciones hacia las aguas tropicales, las aletas pectorales actúan como sistema de enfriamiento por contracorriente. En las zonas polares las aletas son blancas, mientras que en aguas tropicales se vuelven rosadas por el incremento de temperatura y circulación sanguínea. (75)

## **Salto**

Las ballenas jorobadas realizan comúnmente dos tipos de saltos: la rompedura verdadera, que consiste en emerger sobre el costado, dar un giro en el aire y caer de dorso y el llamado “belly flop” o desplome de vientre, donde el cuerpo del animal no emerge totalmente. (89)

La función de estos saltos no se ha aclarado todavía; sin embargo, se cree que son importantes para el cortejo, la señalización, el contacto social y el desarrollo muscular de las crías. (89)

## **Cantos de ballenas**

Los machos de las jorobadas producen vocalizaciones complejas que pueden durar pocos minutos o varias horas (10), se conocen como cantos, por tratarse de emisiones de sonidos que se repiten bajo ciertos patrones; esto lo hacen en posición vertical, pero con la cabeza dirigida hacia abajo. (64)

Varios autores han relacionado estos cantos con la música creada por los humanos, ya que las canciones están formadas por temas originales compuestos por frases, tienen ritmo, usan intervalos de notas similares a los que utilizamos en nuestra escala musical, mezclan elementos de percusión con tonos puros y utilizan rima. (62, 64)

Otro aspecto muy interesante de estas ballenas es que cambian su canto de manera continua; estos cambios los van acumulando hasta terminar la nueva versión que es completamente diferente a la original. (64)

Las canciones se oyen principalmente en aguas tropicales, esto hace pensar que están relacionadas con el cortejo; sin embargo, los temas son tan variados que puede pensarse en otras funciones como desafío, competencia, información sobre el entorno, entre otros. (10)

Las canciones son compartidas por las poblaciones de un mismo océano y este hecho permite diferenciarlas claramente. (3, 64)

## **BALLENAS FRANCAS (DEL HEMISFERIO SUR)**

### **Breve descripción de la ballena franca**

A diferencia de la ballena azul y de la jorobada, la ballena franca no es un rorcual, es decir no presenta pliegues de piel en la garganta, ni aleta dorsal. (41, 64)

Las poblaciones de ballenas francas se encuentran en el hemisferio sur, en el Atlántico, el Pacífico, el Antártico y el Índico. (10)

Son animales que alcanzan los 12 metros de longitud, el cuerpo es robusto y la columna de agua que emiten con las exhalaciones de aire tiene una característica en forma de “v”, lo cual facilita su identificación en el mar. (36, 64, 66)

En la cabeza de las ballenas francas se forman unos engrosamientos de piel (callosidades) a las cuales se adhieren crustáceos conocidos como piojos de ballena; estas callosidades no cambian con el tiempo y se pueden utilizar para identificarlas individualmente. (36, 63, 66)

Los machos, más pequeños que las hembras, tienen las callosidades más desarrolladas; se cree que las usan durante peleas entre los propios machos. (63, 64)

### **Reproducción**

Las migraciones de las ballenas francas están relacionadas con el sexo, el estado reproductivo y la necesidad de encontrar alimento, esto las lleva a buscar aguas templadas subtropicales en invierno y aguas subpolares en verano. (64)

Las hembras se agrupan en aguas poco profundas para aparearse y cuidar sus crías, los sitios favoritos son aguas cercanas a la costa (29); al parecer lo hacen para proteger a sus crías de predadores potenciales como las orcas. (14, 71)

Los ballenatos tienen aproximadamente cinco metros de longitud al nacer y tienen la piel muy arrugada (29); al igual que en otras especies, la leche materna es la única fuente de alimentación de la cría. (64)

Una de las teorías de cortejo afirma que existe cooperación entre machos emparentados para que finalmente uno de ellos, no importa cual, logre aparearse con la hembra y que sus genes (que son compartidos con los otros) se conserven (64); otra teoría afirma que se produce competencia entre ellos. (91)

Las hembras siempre regresan al lugar donde fueron criadas, pero los machos forman grupos diferentes con otros machos. (64)

### **Alimentación por barrido**

Para alimentarse estos animales avanzan con la boca abierta por la superficie y filtran con sus barbas, invertebrados pequeños (usualmente copepodos y krill). (10, 64)

### **Formas de desplazamiento de la ballena franca.**

El desplazamiento lento, probablemente se debe a la forma corporal robusta y poco hidrodinámica, que en vez de favorecer la velocidad favorece la flotación.

Las ballenas francas realizan saltos fuera del agua a los que se les atribuyen funciones como amenaza, comunicación o demostración de fuerza. (65)

Cuando el mar está calmado duermen en la superficie en posición horizontal, dejan el cuerpo relajado y los orificios nasales cerrados. (64)

En las ballenas francas se ha observado la navegación a vela, lo hacen dejando la cola por fuera de la superficie del agua, haciendo que el cuerpo sea impulsado por el viento. Se cree que esto es útil para ahorrar energía (el esfuerzo de natación es mínimo) pero podría ser también una forma de juego o de termorregulación. (65)

En la Península de Valdés (Argentina) se ha observado una especie de gaviota que se alimenta de la piel de las ballenas francas vivas, buscan las zonas del cuerpo que tienen heridas o llagas, y de ahí sacan la piel. (64, 65)

### **Cacería**

Las ballenas francas se cazan desde el año 1050 especialmente al nordeste del Atlántico, para la obtención de sus barbas y aceite; tal circunstancia ha reducido dramáticamente las poblaciones actuales. En el hemisferio sur se calculaba una población inicial de 100.000 individuos de los cuales quedan alrededor de 3000 en la actualidad. (29)

Aunque hoy en día la población mundial de ballenas francas es baja hay evidencias de recuperación, debido en parte a medidas preventivas tomadas en las últimas décadas. (29)

## **CACHALOTE**

### **¿Qué es un cachalote?**

Aunque los cachalotes no son misticetos sino odontocetos, es decir cetáceos con dientes, algunos estudios genéticos sugieren que están más emparentados con las ballenas que con los delfines y las marsopas; esto se ha prestado para confusiones. (53)

Son animales de gran tamaño; los machos pueden alcanzar una longitud de 20 metros y un peso de 50 toneladas. (21, 36, 43)

Los cachalotes presentan una distribución muy amplia; de hecho, están presentes en todos los océanos del mundo (43), pero siempre buscan aguas de más de 200 metros de profundidad, no muy cercanas a zonas polares. (36)

Al igual que las verdaderas ballenas, los cachalotes realizan migraciones que los llevan, usualmente en grupos familiares, de aguas polares a aguas ecuatoriales. (12, 36)

A diferencia de las ballenas, y al igual que todos los odontocetos, el cachalote presenta en la cabeza un solo orificio nasal ubicado sobre una región muy prominente que se conoce como "melón", la cual contiene aceite. (21, 36)

El macho de los cachalotes tiene el cerebro más grande que cualquier otro animal sobre la tierra, con un peso que oscila entre 7 y 9 kg, pero para su tamaño corporal es un cerebro pequeño (43, 87).

### **Campeones de buceo**

Los cachalotes alcanzan mayores profundidades y tiempos de inmersión que las ballenas, y de cualquier otro grupo de mamíferos conocidos; puede alcanzar los 3000 metros de profundidad y durar sumergido hasta 140 minutos. (3)

El "esperma" contenido en el melón cambia de estado de acuerdo con la temperatura del agua y con el control de temperatura que el propio animal realiza a través de sistemas de contracorriente. (3, 12, 51)

Durante los periodos de inmersión, el aceite contenido en el **espermaceti** se enfría y cambia a estado sólido, haciéndose más denso y favoreciendo el descenso; cuando el animal sube la esperma cambia a estado líquido, se hace menos denso, y favorece el ascenso y la flotación. (3, 12, 21)

En superficie los cachalotes respiran varias veces y producen soplos a través de su único orificio nasal, que alcanzan una altura de cinco metros de longitud. (36)

### **Clicks y ecolocalización**

Los cachalotes, al igual que el resto de los odontocetos, producen vocalizaciones llamadas **clicks**, las cuales componen su sistema de ecolocalización y comunicación. (36, 43)

Estos sonidos se producen porque la corriente de aire que viene de una exhalación es enviada con fuerza hacia los canales que forman el sistema nasal. Las válvulas se abren y se cierran dejando pasar cierta cantidad de aire, el cual empieza a vibrar por la acción de diferentes estructuras y músculos, produciendo sonidos dentro de la cabeza del animal. (16)

Los clicks son utilizados en el medio acuático para la ecolocalización; en este sistema las ondas de los sonidos producidos chocan contra diferentes tipos de superficie y, de acuerdo con su densidad, se reflejan ecos. (3, 21, 43)

Los ecos de retorno permiten detectar la distancia, la dirección, la magnitud, la textura de objetos y de individuos (3, 19, 43), incluso se ha pensado que permiten ubicar los órganos internos de otros animales.

Las secuencias cortas de clicks reciben el nombre de coda, se ha pensado que cada individuo podría tener su propia coda y que estas secuencias pueden jugar un papel importante en la coordinación de los movimientos del grupo. (36, 61, 87)

El esperma contenido en el melón parece ser fundamental para propagar los sonidos por fuera de la cabeza, (de alta intensidad) (54); al reflejarse los sonidos son captados por la grasa contenida en la mandíbula inferior y llevados al oído. (16, 18, 21)

### **Grandes predadores.**

Los cachalotes son excelentes predadores, se alimentan principalmente de peces y calamares gigantes que encuentran a más de 2000 metros de profundidad. (12, 55, 80)

Estos animales no agarran a sus presas con la mandíbula sino que la arrastran hacia la garganta por la succión que generan los movimientos de la lengua. (68)

Se han planteado varias hipótesis relacionadas con los sistemas que poseen los cachalotes para localizar y capturar las presas. Una de ellas está basada en alta intensidad de los sonidos producidos, que se cree debilitan y desorientan las presas (57); otra, de la capacidad de estos animales de percibir a través de los ojos, bioluminiscencias producidas por los calamares gigantes. (12)

### **Cazados y cazadores**

Los cachalotes fueron sometidos entre los años 1930 y 1940, a actividades de cacería intensiva. Estas actividades las desarrollaban barcos conocidos como factorías, los cuales estaban especializados en la obtención, manejo y procesamiento a bordo de todos los productos que se derivan de los animales (piel, carne, aceite, huesos, dientes, vísceras etc.). (7)

## GLOSARIO

**Aleta caudal** Es la cola de las ballenas, la cual está dividida en 2 lóbulos y no tiene soporte esquelético sino muscular.

**Aleta dorsal** Aleta ubicada en el dorso de algunas especies de ballenas, no está formada por hueso sino por fibra y grasa.

**Aletas pectorales** Dos aletas ubicadas a ambos lados de la región torácica, constituidas por hueso, músculo, fibra y grasa.

**Artiodáctilo** Mamífero dotado de cuernos, pezuñas y un número par de dedos.

**Ballenato** Cría de la ballena.

**Barba** Estructura utilizada para la filtración. Consiste en una base (plato) suspendida en la mandíbula superior de la que se desprenden tubos muy delgados y flexibles que parecen pelos.

**Bradycardia** Fenómeno que ocurre en todos los mamíferos que realizan inmersión y que consiste en la reducción de la frecuencia cardíaca cuando el animal se encuentra a profundidad.

**Bulbo olfatorio** Botón terminal de las células receptoras ubicadas en la capa que recubre la cavidad nasal.

**Cateterismo** Introducción de un tubo hueco y flexible en una cavidad corporal, para extraer o inyectar algún líquido o para registrar presión sanguínea.

**CITES** Convention of International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora. Se trata de una organización encargada de proteger especies de plantas y animales del comercio irregular a nivel internacional.

**Click** Sonido corto, de menos de 1 milisegundo de duración producido por los odontocetos.

**Complejos continuos** Ciclos cardíacos.

**DDT** Pesticida tóxico por ingestión, inhalación y absorción cutánea, no biodegradable

**DDE** Producto de la degradación del DDT

**Ecocardiografía** Técnica para estudiar la estructura y el movimiento del corazón utilizando ondas de ultrasonido y ecos de retorno que reflejan la densidad del tejido.

**Ecolocalización** Proceso de enviar sonidos y utilizar los ecos de retorno para ubicar objetos.

**Electrocardiografía** Método para registrar la actividad eléctrica cardíaca.

**Electrocardiograma** Registro de la actividad eléctrica del corazón mediante gráficas.

**Eoceno** Epoca geológica que inicio hace 55 millones de años y terminó hace 33 millones de años.

**Espermaceti** Organo compuesto de masa muscular y tejido conectivo rico en aceite (esperma).

**Haz His** Fibra especializada en la conducción eléctrica, ubicada entre los ventrículos del corazón de los mamíferos.

**Fibra de Purkinje** Fibras cardíacas que se extienden por las paredes musculares de los ventrículos.

**Flujo laminar** Flujo sin turbulencia de un fluido al paso de un objeto móvil; las capas de fluido que se encuentran cerca al objeto se mueven a menor velocidad.

**Fonocardiograma** Registro gráfico de los sonidos cardíacos, obtenidos a través de un dispositivo electroacústico.

**Hidrófono** Micrófono adaptado para el medio acuático.

**Infrasónico** Sonido con una frecuencia menor de 18 Hz.

**IUCN** The World Conservation Union. Es una organización que, a través de diferentes estrategias, busca conservar la integridad y diversidad de la naturaleza y asegurar un uso sostenible de los recursos naturales.

**Krill** Crustáceo del género *Euphasida* que habita las zonas polares de la Antártida y mide aproximadamente 5 cm. Hace parte del zooplancton y constituye la principal fuente de alimentación de algunos misticetos como la ballena jorobada y la ballena azul.

**Magnetita** Material magnético de origen biológico compuesto de oxígeno y hierro.

**Melón** Región prominente en la cabeza de los odontocetos que contiene tejido graso, músculo y canales nasales.

**Mioglobina** Es un complejo molecular que contiene hierro y que se halla en el músculo; sirve como reserva de oxígeno (ya que es muy afín a este elemento) y le da el color rojo a algunos músculos.

**Nódulo** Tejidos que en el corazón funcionan como puentes para conducir impulsos eléctricos.

**Oligoceno** Época geológica que inicio hace 33.4 millones de años y termino hace 23 millones de años.

**Osmorregulación** Mantenimiento de la concentración de sales en los diferentes tejidos corporales con relación al medio.

**Poliginia** Sistema social en el que los machos se aparean más de una vez en cada época reproductiva.

**Promiscuidad** Sistema social en el que organismos ambos sexos se cruzan con más de un individuo.

**Rorcuales** Grupo de grandes misticetos que se caracterizan por tener pliegues gulares (en la garganta) y aleta dorsal verdadera.

**Sonar** Es un sistema en el que se emite un sonido y se recibe un eco; esto permite detectar la presencia, la distancia y la posición de los objetos por la densidad de los tejidos que los reflejan.

**Sonar pasivo** Sistema de sonar que solamente se usa para oír.

**Sonograma** Imagen gráfica obtenida a partir de un registro acústico.

**Tapetum lucidum** Capa de células ubicadas en la corioide que actúa como un espejo y refleja la luz para que pase 2 veces por las células fotorreceptoras de la retina. De esta manera el ojo se hace más sensible a la luz.

**Taxonomía** Disciplina encargada de describir, identificar y clasificar las especies.

**Telemetría** Transmisión electrónica de datos entre puntos distantes en 2 vías.

**Tethys** Antiguo mar que posiblemente dió origen a los océanos Atlántico e Índico.

**Termorregulación** Control de la temperatura corporal mediante mecanismos fisiológicos.

**Ultrasonido** Sonido con una frecuencia mayor de 20 kHz.

**Ungulado** Mamífero con dedos parcialmente fusionados y envueltos en formaciones corneas llamadas pezuñas.

**Vasoconstricción** Estrechamiento de luz (abertura) de cualquier vaso sanguíneo por contracción de los músculos que lo rodean.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BASKIN, Y. 1993. Blue behemoth bounds back. *BioScience* **43** (9): 603-605
2. BERTA, A. 1994. What is a whale?. *Science* **263**: 180-181
3. BERTA, A. & J. L. SUMICH. 1999. *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Academic Press. San Diego. California. USA. 494 pp.
4. BERGER, C. 1998. Making sense of the songs whales sings. *National Wildlife* **36** (4): 52 - 59
5. BROWN, M., CORKERON, P., HALE, P. T., SCHULTZ, K. W. & BRYDEN, M. M. 1995. Evidence for sex-aggregated migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). *Proceedings of the Royal Society of London Series Biological Sciences* **259** (1355): 229-234.
6. CALAMBOKIDIS, J. & STEIGER, G. 1997. *Blue whale*. Colin Baxter Photography Ltd. Scotland. 72 pp
7. CARWARDINE, M., HOYT, E., EWAN, F. & G. PETER. 1998. *Whales dolphins and porpoises*. Time life books. San Francisco. USA. 288pp
8. CIMAC. 1992. I Curso de identificación de mamíferos acuáticos en Colombia. Abril 9 — 10 de 1992. Universidad Nacional. Bogota. Colombia.
9. CLAPHAM, P. 1996. *Humpback whales*. World Life Library. Scotland. 72 pp
10. CLAPHAM, P. 1997. *Whales*. Colin Baxter (Ed) World Life Library. Scotland. 131 pp
11. CLAPHAM, P. J. & PALSBOU, P. J. 1997. Molecular analysis of paternity shows promiscuous mating in female humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Proceedings of the Royal Society of London Series Biological Sciences* **264** (1378): 95 — 98.
12. CLARKE, M. 1979. The head of the spermwhale. *Sci. Am.* **240** (1): 106-117
13. CONNOR, R. & D. PETERSON. 1994. *The lives of whales and dolphins*. American museum of natural history. New York. 233pp
14. CORKERON, P. & R. CONNOR. 1999. Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science* **15** (4): 1228 - 1245
15. CRAIG, A. S. & HERMAN, L. M. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the Hawaiian Islands. *Can. J. Zool.* **75** (11): 1923-1933.
16. CRANDFORD, T. W., AMUNDIN, M. & K. NORRIS. 1996. Functional morphology and homology in the odontocetes nasal complex: implications for sound generation. *Journal of morphology* **228**: 223-285
17. DE BLASE, A. F. & MARTIN, R. E. 1981. *A manual of mammalogy*. Second Edition. Wm. C. Brown Company Publishers. USA. 436 pp.
18. DE SAN GIL, L. D. 1997. *Ballenas y delfines*. Durandeu Ediciones. Argentina. 175 pp
19. ECKERT, D., RANDALL, D., BURGGREN, W. & K. FRENCH. 1997. *Fisiología animal*. Cuarta edición. McGraw Hill. Madrid.
20. ELSNER, R. 1969. Cardiovascular adjustments to diving. En: *The biology of marine mammals*. Academic Press. London. 511pp
21. EVANS, P. G. H. 1987. *The natural history of whales and dolphins*. Christopher Helm (publishers). London. 343 pp
22. FIEDLER, P., REILLY, S., HEWITT, R., DEMER, D., PHILBRICK, V., SMITH, S., AMSTRONG, W., CROLL, D., TERSHY, B. & B. MATE. 1998. Blue whale habitat and prey in the California Channel Islands. *Deep Sea Research (Part II)* **45**: 1781-1801
23. FLOREZ-GONZALES, L. & J. CAPELLA-ALZUETA 1995. Mamíferos acuáticos de Colombia, una revisión y nuevas observaciones sobre su presencia, estado de conocimiento y conservación. Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. *Informe Museo del Mar* **39**: 1— 29
24. GASKIN, D. E. 1982. *The ecology of whales and dolphins*. Heinemann educational books, Inc. London. 459 pp.
25. GILL, P. 2000. *The little guides: whales, dolphins and porpoises*. Fog City Press. 320 pp

- 26.** GINGERICH, P. 1994. Whales of Tethys. *Nat. Hist.* **4**: 86-88
- 27.** GINGERICH, P. 1998. Paleobiological perspectives on Mesonychia, Archaeoceti and the origin of whales. En: THEWISSEN (Editores), J. G. M. The emergence of whales: Evolutionary patterns in the origin of Cetacea. Plenum Press. New York. USA. 477 pp.
- 28.** GOULD, J. C., BENNELL, J. D. & S. E. JONES. 1996. Sound velocity measurements in spermaceti oil under the combined influences of temperature and pressure. *Deep Sea Research* **43** (74): 961 — 969
- 29.** HARRIS, G. & C. GARCIA. 1990. Ballena franca austral: el lento camino de la recuperación. *Ciencia hoy* **2** (7): 37 — 43
- 30.** HAWLEY. 1993. Diccionario de química. (Ed.) Omega España
- 31.** HOCHACHKA, P. W. & K. B. STOREY. 1975. Metabolic consequences of diving in animals and man. *Science* **187**: 613 — 621
- 32.** HOWORTH, P. 1985. Whales dolphins and porpoises of the Pacific. Shorelines of american series. KC Publications. USA. 48pp
- 33.** IBEAS, G. 1974. Introducción a la biofísica. Ed. Alhambra, Madrid.
- 34.** IRVING, L. 1969. Temperature regulation in marine mammals. En: The biology of marine mammals. Academic Press. London. 511pp
- 35.** JANSEN, J. & K. JANSEN. 1969. The nervous system of Cetacea. En: The biology of marine mammals. Academic Press. London. 511pp
- 36.** JEFFERSON, T., LATHERWOOD, S. & M. WABBER. 1994. Marine mammals of the world. FOA Species identification guide. 320pp
- 37.** KELLERT, S. 1991. Japanese perceptions of wildlife. *Conservation Biology* **5** (3): 297 — 308
- 38.** KING, R., JENKS. J. & P. WHITE. 1953. The electrocardiogram of a beluga whale. *Circulation* **8**: 387-392
- 39.** KOOYMAN, G. & H. ANDERSEN. 1969. Deep diving. En: The biology of marine mammals. Academic Press. London. 511pp
- 40.** LARSEN, A. H., SIGURJONSSON, J., OIEN, N., VIKINGSSON, G. & PALSBOG, P. 1996. Population genetic analysis of nuclear and mitochondrial loci in skin biopsies collected from central northeastern North atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): Population identity and migratory destinations. *Proceedings of the Royal Society of London Series Biological Sciences* **263** (1376): 1611-1618
- 41.** LEATHERWOOD, S. & R. REEVES. 1985. The Sierra Club handbook of whales and dolphins. Sierra Club Books. USA. 302 pp.
- 42.** LENFANT, C. 1969. Physiological properties of blood of marine mammals. En: The biology of marine mammals. Academic Press. London. 511pp
- 43.** MARTIN, A. R., DONOVAN, G., LAETHERWOOD, S., HAMMOND, P., ROSS, G., MEAD, J., REEVES, R., HOHN, A., LOCKYER, C., JEFFERSON, T. & WEBBER, M. 1990. The illustrated encyclopedia of whales and dolphins. Portland House. New York. USA. 192 pp.
- 44.** MEDRANO, L., AGUAYO, A. & URBAN, J. 1995. Diversity and distribution of mitochondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific Ocean. *Can. J. Zool.* **73**: 1735-1743.
- 45.** MEIJLER, F. L. 1985. Atrioventricular conduction versus heart size from mouse to whale. *JACC* **5** (2): 363 — 365
- 46.** MEIJLER, F. L. 1986. Comparative aspects of the dual role of the human atrioventricular node. *British Heart Journal* **55**: 286-290
- 47.** MEIJLER, F. L. 1986. Does the atrioventricular node conduct? *British Heart Journal* **61**: 309-315
- 48.** MEIJLER, F. L. 1988. Morphology and electrophysiology of the mammalian atrioventricular node. *Physiological Reviews* **68** (2): 608-647
- 49.** MEIJLER, F. L. 1989. The mismatch between size and function of the heart. *Comparative electrocardiology* Oct. 12 — 13. Intertuniversity Cardiology Institute of the Netherlands.
- 50.** MEIJLER, F. L. 1989. An off beart whale hunt. *British Medical Journal* **299**: 1563 — 1565

51. MELNIKOV, V. V. 1993. The arterial system of the sperm whale. *J. Morph.* **234**: 37-50
52. MESTEL, R. 1995. Whale bacteria polish off poisonous pollutants. *New Scientist* **146**: 9
53. MILINKOVITCH, M., ORTI, G. & A. MEYER. 1993. Revised phylogeny of whales suggested by mitochondrial ribosomal DNA sequences. *Nature* **361**: 346-348
54. MOHL, B., WAHLBERG, M. & P. T. MADSON. 2000. Sperm whale clicks: directionally and source level revisited. *J. Ac. Soc. Am.* **107** (1): 638-648
55. MORRISON, P. 1996. Giants against giant in the dark. *Sci. Am.* **275**: 124
56. NORRIS, K. & B. MHL. 1983. Can odontocetes debilitates prey with sound? *Am. Nat.* **122** (1): 85 - 104
57. NORRIS, T., MC DONALD, M., BARLOW, J. 1999. Acoustic detection of singing humpback whales in the easter North Pacific during their northbound migration. *J. Ac. Soc. Am.* **106** (1): 506-514
58. NOVACEK, M. 1992. Mammalian phylogeny: shaking the tree. *Nature* **356**: 121-125
59. NOVACEK, M. 1993. Genes tell a new whale tale. *Nature* **361**: 298-299
60. O'LEARY, M. A. 1998. Phylogenetic and morphometric reassessment of the dental evidence for a mesonichian and cetacean clade. En: THEWISSEN (Editores), J. G. M. The emergence of whales: Evolutionary patterns in the origin of Cetacea. Plenum Press. New York. USA. 133 — 161 p
61. PAVAN, G., HAYWARD, G. T. & J. F. BALSANI. 2000. Time patterns of sperm whale codas recorder in the mediterranean sea 1985 — 1996. *J. Ac. Soc. Am.* **107** (6): 3487-3495
62. PAYNE, R. 1978. Songs of Humpback Whales. *Science* **173**: 585
63. PAYNE 1992. Ballenas francas en la Patagonia. Huellas en la arena, sombras en el mar. Ed. Terranova. Buenos Aires. Argentina
64. PAYNE, R. 1995. Among whales. Scribner (Editores). USA. 431 pp
65. PAYNE, R. 2000. Treinta años de investigación de las ballenas francas en la Patagonia. Conferencia presentada en el 3º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Mamíferos Acuáticos. SOLAMAC. 30 Octubre — 3 Noviembre de 2000. Buenos Aires. Argentina.
66. PAYNE, R. & V. ROWNTREE. 1987. Catálogo fotográfico de individuos avistados en las aguas de la Península de Valdés.
67. PEARCE, F. 1996. Dead dolphin contaminated by toxic plant. *New Scientific* **149**: 5
68. PENNISI, E. 1999. Coming to grips with sperm whales anatomy. *Science* **283** (5401): 475
69. POUGH, F., JANIS, C. & B. HEISER. 1999. Vertebrate life. Fifth Edition. Prentice Hall. New Jersey. USA. 365 pp
70. REYNOLDS, J. 1985. Investigando el corazón de los animales acuáticos. *Geomundo* (Marzo) 243-258
71. REYNOLDS, J. 1987. Visión interna y directa del corazón de una ballena. *Revista Colombiana de Cardiología* **2** (3): 209-211
72. REYNOLDS, J., OSPINA, F., LEON, J. & A. PARIS. 1986. El electrocardiograma y fonocardiograma de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). *Revista Colombiana de Cardiología* **2** (1): 37 — 41
73. REYNOLDS, J., OSPINA, F., LEON, J., CONSTAIN, J. F. & A. PARIS. 1986. Electrocardiografía, fonocardiografía y profundidad de buceo en la ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae*. Resumen XI Reunión Internacional de Mamíferos. Marzo — Abril de 1986. Guyanas Mexico.
74. REYNOLDS, J., KERR, I., PALACIOS, D., RODRIGUEZ, P. & J. LEON. 1994. Estudio de ultrasonido para visualizar órganos de ballenas. *Tribuna médica* **89** (6): 317 — 319
75. REYNOLDS, J. 2001. Comunicaciones personales.
76. ROE, J. L., THEWISSEN, J. G. M., QUADE, J., O'NEIL, J. R., BAJPAI, S., SAHNI, A. & T. HUSSAIN. 1998. Isotopic approaches to understanding the terrestrial to marine transition of the earliest cetaceans. En: THEWISSEN (Editores),

- J. G. M. The emergence of whales: Evolutionary patterns in the origin of Cetacea. Plenum Press. New York. USA. 477 pp.
- 77.** ROWNTREE, V. 1992. Madres y crías. Huellas en la arena, sombras en el mar. Ed. Terranova. Buenos Aires
- 78.** SALDEN, D. R., HERMAN, L. M., YAMAGUCHI, M. & SATO, F. 1999. Multiple visits of individual humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between the Hawaiian and Japanese winter grounds. *Can. J. Zool.* **77** (3): 504-508.
- 79.** SCHMIDT-NIELSEN, K. 1997. Animal physiology. 5<sup>th</sup> Ed., Cambridge University Press. USA.
- 80.** SMITH, S. & H. WHITEHEAD. 2000. The diet of Galapagos sperm whale *Physeter macrocephalus* as indicated by fecal sample analysis. *Marine Mammal Science* **16** (2): 315-325
- 81.** STAFFORD, K., NIEUKIRK, S. & FOX, C. 1999. Low-frequency whale sounds recorder on hydrophones noores in the eastern tropical Pacific. *J. Ac. Soc. Am.* **106** (6): 3687-3698
- 82.** THEWISSEN, J. G. M. & S. T. HUSSAIN. 1993. Origin of underwater hearing in whales. *Nature* **361**: 444 - 445
- 83.** TODD, S., STEVICK, P., LIEN, J., MARQUES, F. & KETTEN, D. 1996. Behavioral effects of exposure to underwater explosions in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Can. J. Zool.* **74** (9): 1661-1672.
- 84.** VALSECCHI, E., PALSOLL, P., HALE, P., GLOCKNER-FERRARI, D., FERRARI, M., CLAPHAM, P., LARSEN, F., MATILLA, D., SEARS, R., SIGURJONSSON, J., BROWN, M., CORKESON, P. & AMOS, B. 1997. Microsatellite genetics distances between oceanic populations of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). *Molecular Biology and Evolution* **14** (4): 355-362.
- 85.** VIDAL, O. 1990. Lista de los mamíferos acuáticos de Colombia. Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Informe del Museo del Mar **37**: 1 - 18
- 86.** WATSON, L. 1981. Whales of the world. Hutchinson & Co. London. England. 302 pp.
- 87.** WELLGART, L., WHITEHEAD, H. & K. PAYNE. 1996. A colossal convergence. *Am. Sci.* **84** (3): 278
- 88.** WHITE, P. & S. MATTHEWS. 1956. Hunting the heartbeat of a whale *Nat. Geog. Mag.* **90** (1): 49-64
- 89.** WHITEHEAD, H. 1985. Por qué saltan las ballenas. *Investigación y Ciencia* (Mayo) 58 - 63
- 90.** WONG, K. 1999. Cetacean creation. *Sci. Am.* **280** (1): 26
- 91.** WÜRSING, B. 1990. El comportamiento de las ballenas. *Investigación y Ciencia* (Dic) 78- 86