



INFORMACIÓN ESTANDARIZADA: BELUGAS



SCIENTIFIC CLASSIFICATION

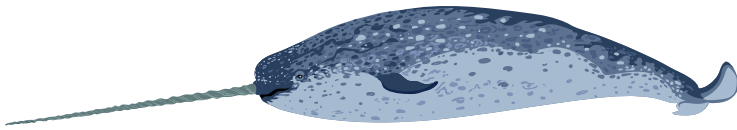
Orden: Cetacea

- Cetacea es uno de los dos grupos científicos que agregan a los grandes mamíferos que viven toda su vida el agua (el otro es Sirenia). El orden Cetacea incluye ballenas, delfines y marsopas.
- La palabra cetáceo deriva de la palabra griega empleada para referirse a las “ballenas”: *kētos*.
- El grupo de los cetáceos se divide en dos subórdenes: Odontoceti (cetáceos con dientes) y Mysticeti (cetáceos con barbas o ballenas).

Suborden: Odontoceti

- El suborden científico Odontoceti está compuesto por los cetáceos con dientes.
- Las diferencias estructurales en los cráneos y los melones de los odontocetos, grupo al que pertenecen las belugas, hacen posible la existencia de especializaciones como la ecolocalización (Hooker, 2002).
- Los odontocetos sólo tienen un espiráculo externo o apertura nasal externa.
- Con la excepción de los cachalotes, los cetáceos con dientes son más pequeños que la mayoría de las ballenas o cetáceos con barbas.
- La palabra “Odontoceti” proviene de la raíz griega *odontos* que significa “dientes”.





Familia: Monodontidae

- Las belugas, junto con su pariente vivo más cercano, el narval (*Monodon monoceros*), son los únicos miembros actuales de la familia Monodontidae. La palabra “Monodontidae” viene del griego y significa “un diente”, haciendo referencia al colmillo del narval macho. Este es un nombre inapropiado para las belugas porque poseen muchos dientes (Reeves *et al.*, 2002).



Género: *Delphinapterus spp.*

- Las belugas son el único miembro vivo del género *Delphinapterus*. El nombre deriva de las palabras griegas *delphinos* (“delfín”), a (“sin”) y *pteron* (“aleta” o “ala”). Las belugas carecen de aleta dorsal, de ahí el nombre “delfín sin aleta”. Sin embargo, a pesar de lo que su nombre sugiere, las belugas no son delfines, que es un término reservado para miembros de la familia Delphinidae (Leatherwood *et al.*, 1988).
- El género y la especie (ver abajo) fueron descritos en 1776 por Pallas.

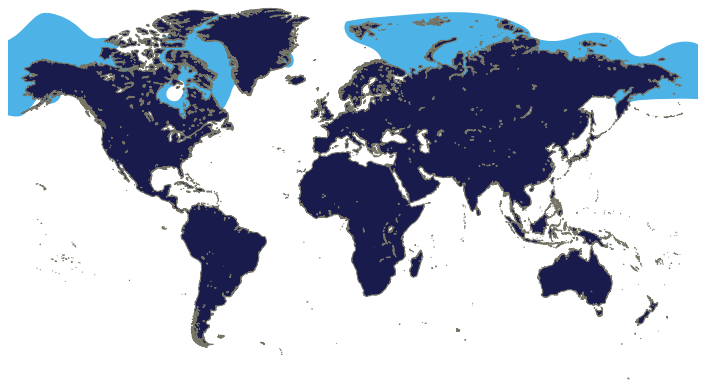
Especie: *Delphinapterus leucas*

- El nombre de la especie proviene de la palabra griega *leukos*, que significa “blanco”, en referencia al color de la beluga adulta.
- Del mismo modo, el nombre común beluga proviene de la palabra rusa para “blanco”. El nombre ha llevado a cierta confusión con el esturión beluga (un esturión blanco), un pez de agua dulce del cual se obtiene el caviar beluga.



REGISTRO FÓSIL

El registro fósil sugiere que los cetáceos evolucionaron de ancestros terrestres hace casi 60 millones de años (Fordyce, 2002). Evidencias recientes apuntan a que el pariente vivo más cercano que poseen los cetáceos es el hipopótamo (Berta y Sumich, 2003). Hace unos 35 millones de años ambos cetáceos, los odontocetos y mysticetos, evolucionaron y se diversificaron de forma rápida probablemente como consecuencia de los nuevos recursos alimenticios resultantes del cambio oceánico (Fordyce, 2002). El primer fósil monodóntido, es el de una beluga extinta (*Denebola brachycephala*), que vivió a lo largo de la costa de Baja California, México, hace unos 10 millones de años (O’Corry-Crowe, 2008). Hace menos de 4 millones de años, los monodóntidos ahora extintos vivían sólo en aguas templadas y subtropicales. El primer fósil de una beluga y un narval tal como los conocemos hoy fueron encontrados en Canadá. Los fósiles de *Delphinapterus leucas*, de menos de 2 millones de años de antigüedad encontrados en el noreste de América del Norte, muestran que la distribución de la beluga ha cambiado a medida que se ha alterado la cobertura glacial de los océanos (Berta y Sumich, 2003; O’Corry-Crowe, 2002).



DISTRIBUCIÓN

Las belugas se encuentran solo en el hemisferio norte, en aguas árticas y subárticas. Existen poblaciones pequeñas en las costas de Alaska, Canadá, Rusia, Noruega y Groenlandia (Martin, 1996). Ocasionalmente, las belugas viajan mucho más al sur; belugas solitarias han sido avistadas en Long Island Sound y cerca de Cape Cod (Frady, 2004; Katona *et al.*, 1993).

Agrupaciones

Aunque todas las belugas pertenecen a la misma especie y generalmente se limitan a regiones árticas, a veces se clasifican más por las “agrupaciones” o “linajes” (o subpoblaciones) a los que pertenecen (COSEWIC, 2004; IWC, 2000; Martin y Richard, 2001), ya que están genéticamente aislados unos de otros. Estas agrupaciones se identifican por su distribución y patrones de migración, características morfológicas y ADN. Todas las poblaciones se encuentran en aguas de Alaska, Canadá, Rusia, Noruega y Groenlandia (IWC, 2000). Éstas varían en tamaño, con algunas tan pequeñas como unos cientos de individuos y otras que pueden alcanzar los 30,000 animales (Hobbs y Sheldon, 2008; Angliss y Outlaw, 2005; IWC, 2000; DFO, 2005; COSEWIC, 2004).

HÁBITAT

Algunas poblaciones de belugas realizan migraciones estacionales, mientras que otras permanecen en áreas relativamente pequeñas durante todo el año (Nowak, 1991; Leatherwood y Reeves, 1983). Migran al sur cuando la capa de hielo avanza en otoño y dejan las áreas de las placas de hielo fragmentadas, moviéndose a estuarios poco profundos y salobres y desembocaduras de los ríos, en el verano. Estos patrones indican que las belugas poseen la capacidad de moverse libremente entre el agua salada y dulce, una habilidad que no tienen la mayoría de los cetáceos (Martin, 1996). Además, se han observado belugas en aguas de distintas profundidades, desde aguas extremadamente poco profundas hasta fosas oceánicas muy profundas (Schreer y Kovacs, 1997).

El rango de temperatura del agua que emplean las belugas oscila entre 0 °C (32 °F) y más de 16 °C (61 °F), aunque durante la mayor parte del año las temperaturas se encuentran en el extremo más bajo de dicho rango (Leatherwood *et al.*, 1988; Smith *et al.*, 1994). Algunas aguas son tan frías que cuando una beluga descansa en la superficie, el agua se congela y forma una cubierta de hielo moldeado por la espalda de la beluga. Estas estructuras de hielo permanecen intactas cuando las belugas se alejan (Leatherwood *et al.*, 1988). Estos animales se encuentran extremadamente cómodos entre el hielo marino. Belugas marcadas por satélite han viajado desde el noroeste de la costa norte de Alaska a través de áreas donde la concentración de hielo marino era de casi el 100% (Suydam *et al.*, 2001).

ESTUARIOS

El hábitat de verano de las belugas generalmente incluye estuarios. Muestran un alto grado de filopatria, o “fidelidad” a un lugar, con poblaciones que regresan a los mismos estuarios año tras año (COSEWIC, 2004). La evidencia genética también sugiere que los diferentes linajes o agrupaciones han estado visitando estuarios distintos desde hace mucho, tal vez desde que los glaciares retrocedieron al final de la última Edad de Hielo, con un intercambio muy limitado entre los diferentes grupos (O’Corry-Crowe, 2008). Con frecuencia en estas áreas se observa un comportamiento denominado frotamiento, que se encuentra vinculado a la muda epidérmica estacional de la beluga (Smith *et al.*, 1992). Parece que la razón más importante tras la migración de las belugas hacia los estuarios podría ser la consecución del proceso de muda. Las aguas más cálidas del estuario también pueden beneficiar a las crías recién

nacidas, con sus delgadas capas de grasa y la dependencia de su madre. Las hembras y sus crías están especialmente vinculadas al estuario y son las primeras en regresar después de una perturbación, como barcos o la caza (O’Corry-Crowe *et al.*, 1997).

DIETA

Las belugas poseen la dieta más variada entre los pequeños cetáceos (Gurevich, 1980). El alimento varía con la temporada y la ubicación, y la ingesta cambia con la temperatura del agua (Balsiger, 2003). Las belugas son comedores oportunistas que se aprovechan de más de 100 especies de peces e invertebrados a lo largo de su rango de distribución (Gurevich, 1980). Las presas conocidas de las belugas incluyen: peces marinos (bacalao ártico, salmón, arenque, eglefino, charrán ártico, lenguado, eperlanos, pez suela, pez escorpión, ráyidos y fletán), peces de agua dulce (trucha, pescado blanco, lucio del norte, timalo y tomcod), cefalópodos (calamares y pulpos), otros moluscos (almejas, mejillones y caracoles), crustáceos (camarones y cangrejos), gusanos marinos e incluso zooplancton (Balsiger, 2003; Katona *et al.*, 1993; Kleinenberg *et al.*, 1969; Martin, 1996; Reidenberg y Laitman, 2002). Debido a



su estómago expandible, las belugas pueden procesar una gran cantidad de alimento a la vez. Una beluga fue encontrada en Cook Inlet con 12 salmones coho adultos en su estómago, con un peso total de 28 kg (62 libras) (Balsiger, 2003).

ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA

La forma de una beluga es predominantemente resultado de su capa gruesa de grasa, la cual crea una parte central redondeada que se estrecha hacia una cabeza y cola relativamente pequeñas. Las aletas pectorales de las belugas son pequeñas en proporción al tamaño corporal (O’Corry-Crowe, 2002; Reeves *et al.*, 2002). La grasa con frecuencia genera flancos y vientres gruesos, especialmente en machos grandes (Reeves *et al.*, 2002). Las belugas carecen de aleta dorsal, pero poseen en su lugar una cresta dorsal (O’Corry-Crowe, 2002). La aleta dorsal tendría propensión a lesionarse con el hielo y constituiría una gran vía de pérdida de calor (Katona *et al.*, 1993). La cabeza de la beluga se encuentra dominada por el melón, un área llena de grasa sobre el rostro o la mandíbula superior (Reeves *et al.*, 2002). Su cuello es muy flexible, a diferencia de muchos otros cetáceos cuyas vértebras cervicales se encuentran fusionadas. Esta rara característica permite a las belugas maniobrar mientras cazan en aguas poco profundas, así como escapar de los depredadores (O’Corry-Crowe, 2002).

Edad promedio para alcanzar la masa adulta

Las belugas hembra alcanzan su tamaño adulto alrededor de los 7 años de edad. Los machos continúan creciendo, logrando su mayor masa corporal alrededor de los 14 años de edad (Kastelein *et al.*, 1994).

Tamaño

El tamaño promedio estimado de un macho adulto de beluga es de 12-15 pies (3.7-4.6 m) de largo, con un peso de 1600-2500 libras (725-1134 kg). Las hembras en promedio miden 11-13 pies (3.4-4.0 m) de longitud, y pesan 1100-2000 libras (499-907 kg) (Balsiger, 2003; Katona *et al.*, 1993; Martin, 1996; O'Corry-Crowe, 2002; Reeves *et al.*, 2002; Richard, 2002). El tamaño corporal puede variar enormemente entre diferentes poblaciones de belugas; el clima es probablemente un factor determinante (Martin, 1996; Sargeant y Brodie, 1969).

Piel

La gruesa piel de una beluga forma una barrera de protección contra la abrasión causada por el hielo en el ambiente del ártico. La temperatura de la piel es sólo un grado o dos más cálida que el agua circundante. Debajo de la piel, la grasa aísla los órganos y tejidos internos (Castellini, 2002). Las belugas tienen una piel particularmente gruesa; es 10 veces más gruesa que la piel de un delfín y 100 veces más gruesa que la piel de otros mamíferos terrestres (Doige, 1990).

El color blanco, por el cual se nombra a las belugas, no aparece hasta que un animal alcanza la madurez. Las crías nacen con un color gris-pardo claro, que se oscurece antes de desarrollar el blanco característico (Kleinenberg *et al.*, 1969). En los adultos, el pigmento oscuro a menudo está presente en la parte superior de la cresta dorsal y a lo largo de los bordes de los lóbulos caudales y las aletas pectorales (Kleinenberg *et al.*, 1969, Martin, 1996). La coloración blanca puede proporcionar camuflaje entre la nieve y el hielo; observaciones de ataques de orcas a belugas muestran que éstas últimas intentan esconderse entre el hielo marino para evitar la depredación. El cambio de color no está relacionado con la madurez sexual, aunque estos eventos pueden ocurrir al mismo tiempo (Kleinenberg *et al.*, 1969; St. Aubin *et al.*, 1990).

Muda

Las belugas son únicas entre los cetáceos, ya que experimentan una muda anual. Típicamente, el crecimiento y el reemplazo de la epidermis (capa externa de la piel) de los cetáceos es un proceso continuo. En las belugas, es un proceso cíclico que parece desencadenarse por la migración estacional entre los fríos océanos árticos y las aguas estuarinas relativamente cálidas. Dado el cambio dramático en el hábitat al que una beluga se somete cuando accede a un estuario, el proceso de muda parece estar determinado por factores ambientales tales como la temperatura y la salinidad (St. Aubin *et al.*, 1990). Al mudar, las belugas eliminan la gruesa capa superficial de la piel que parece incrementar la resistencia que experimenta el agua cuando fluye sobre el animal. Tras la muda, el flujo de agua sobre la piel de la beluga es más suave, lo que las hace más hidrodinámicas (Smith *et al.*, 1990).

Grasa

Una de las adaptaciones más relevantes de las belugas a la vida

en el ártico es su gruesa capa de grasa aislante. Ésta les permite mantenerse calientes incluso cuando la temperatura del agua es inferior a cero grados centígrados. En comparación con otros odontocetos, las belugas tienen una capa de grasa inusualmente gruesa; representa el 40-50% de su peso corporal. Entre otros cetáceos, sólo las ballenas francas tienen una composición corporal similar. Se han reportado espesores de hasta 10.6 pulgadas (27 cm), aunque 4 pulgadas (10 cm) es el espesor máximo más típico (Balsiger, 2003; Kleinenberg *et al.*, 1969; Richard, 2002). La capa de grasa de una beluga es dinámica, variando en grosor estacionalmente.

Boca

Las belugas pueden usar sus labios para formar la forma de una "O" con su boca, algo que ningún otro cetáceo es capaz de hacer. Cuando se alimenta, la lengua de la beluga crea un vacío en torno a los peces, lo que permite tragar la presa sin que el agua pase a la garganta. Esto ayuda a reducir la ingesta de sal y prevenir la deshidratación. La lengua también permite que la beluga capture presas usando una especie de succión. Las belugas pueden escupir de una manera muy poderosa forzando el agua fuera de su boca. Emplean esta técnica para eliminar la arena, el limo y el barro cuando cazan presas bentónicas (Kleinenberg *et al.*, 1969, Martin, 1996). De forma similar a otros cetáceos, la lengua de una beluga se usa como una pajita para dirigir la leche al interior de la boca durante la lactancia. Se enrolla, de forma similar a un humano, y se alza contra el techo de su boca. Los bordes festoneados de su lengua le permiten sellar herméticamente la boca. Algunos ejemplares conservan esos bordes festoneados; en otros, se desvanecen con el tiempo.

Dientes

Las belugas utilizan sus dientes para agarrar a sus presas, en lugar de para cortar o masticar. Sus dientes tienen forma cónica, estando los superiores e inferiores intercalados. Esto permite que capturen a sus presas eficientemente (Kleinenberg *et al.*, 1969). Los dientes de una beluga joven aparecen cuando el animal tiene entre 1 y 2 años, dependiendo de la ubicación geográfica, y todos los dientes habrán salido al menos de forma parcial al final del tercer año de vida (Brodie, 1971; Kleinenberg *et al.*, 1969).

Las belugas tienen sólo un juego de dientes durante toda su vida; éstos no son reemplazados. La cantidad de dientes varía según el sexo y la edad, y puede oscilar entre 30 y 40. El tamaño de los dientes depende del tamaño del animal; los tamaños máximos registrados han sido de 5 cm (2 in) de largo y 1.8 cm (0.7 in) de espesor. Además, los dientes de las belugas varían en el patrón de desgaste como resultado de su alimentación en el fondo del mar. En algunos animales ancianos, los dientes pueden desgastarse hasta las encías (Kleinenberg *et al.*, 1969).



SISTEMAS SENSORIALES

Audición

Las belugas tienen una audición muy aguda, especialmente a frecuencias muy altas. Escuchan un rango amplio de frecuencias, con la mayor sensibilidad en el rango ultrasónico de alrededor de 30 o 35 kHz y una sensibilidad que se extiende al menos a 130 kHz (Finneran, et al., 2000; Finneran, et al., 2005). Como comparativa, el rango máximo de la audición humana está entre .02 y 20 kHz (Suydam et al., 2001). Estudios han demostrado que las belugas pueden oír exactamente igual de bien en aguas profundas de unos 984 pies (300 m), como en la superficie (Ridgway et al., 2001). Sus pequeños oídos externos pueden ser útiles para escuchar sonidos de baja frecuencia (Moore et al., 1995). Sin embargo, la mayoría de las vocalizaciones hechas por odontocetos están por encima de 30 kHz, haciendo hincapié en la gran importancia de la mandíbula inferior, que es la vía para la recepción de sonido (ver “Ecolocalización” a continuación). Las belugas poseen una gran capacidad para ajustar la frecuencia y son capaces de detectar señales de ecolocalización con altos niveles de ruido de fondo y reverberación (Klishin et al., 2000).

Se han realizado una serie de estudios para evaluar los impactos potenciales de los sonidos ambientales en belugas. Estos han involucrado la determinación de cuándo el nivel de un sonido particular impacta su audición produciendo un aumento temporal en el umbral auditivo (Schlundt et al., 2000; Finneran et al., 2001).

Ecolocalización

La ecolocalización es un sonar biológico que proporciona más información que cualquier sonar hecho por el ser humano (Lammers y Castellote, 2009). Durante la ecolocalización, una beluga produce sonidos en forma de clics. Estos clics se reflejan en los objetos del entorno y vuelven al animal en forma de ecos. Los ecos pasan a través del canal lleno de grasa de la mandíbula inferior hacia el oído. El animal puede procesar estos ecos en el oído y el cerebro, permitiéndole percibir información sobre el objeto, como por ejemplo el tamaño, la forma, la densidad y el material del cual está compuesto (Harley et al., 1995). Se cree que las belugas tienen mejores habilidades que los delfines mulares para identificar un objeto específico en un entorno lleno de cosas (Turl et al., 1991) y con presencia de sonidos de enmascaramiento



(Turl et al., 1987). Así mismo, tienen la capacidad de cambiar la frecuencia de sus clics en respuesta al ruido de fondo (Au et al., 1995; Tyack, 1999).

Melón

El melón es la región grasa en la parte frontal superior del cráneo de una beluga. Es crucial para enfocar y proyectar señales de ecolocalización, y es el medio por el cual los sonidos que una beluga produce son dirigidos hacia el agua. El melón puede funcionar como una “lente acústica”, enfocando el sonido en un haz de la misma manera que el lente y el reflector de una linterna (Cranford et al., 1996; Pabst et al., 1999). Las

belugas tienen la capacidad de cambiar la forma física de su melón, lo que les permite controlar la transmisión del sonido (Frankel, 2002). La grasa que compone el melón es distinta a la grasa del resto del cuerpo, no pudiendo emplearse para producir energía, lo que indica su importancia.

Visión

Las belugas tienen una buena visión tanto fuera como dentro del agua (Balsiger, 2003; Mass y Supin, 2002). Al igual que otros odontocetos, pueden enfocar tanto en el aire como en el agua, una adaptación que es posible por su cristalino y córnea especialmente adaptados (Mass y Supin, 2002). Para las belugas, que a veces son cazadas por osos polares, la capacidad de ver tanto en el aire como en el agua es especialmente importante.

Color en la visión

Los ojos de las belugas contienen ambos tipos de células visuales, conos y bastones. Sin embargo, como todos los demás cetáceos, poseen sólo un tipo de cono. Dado que dos o más tipos de conos son usualmente necesarios para distinguir colores, las belugas probablemente no discriminan la mayoría de los colores demasiado bien, si es que ven alguno (Griebel y Peichl, 2003).

Olor, Quimiorrección y Gusto

Las belugas carecen de sentido del olfato, que presentaría un uso limitado en el agua. Sin embargo, quimiorreceptores en la base de la lengua de las belugas cumplen una función de manera similar a las papilas gustativas y permiten que el animal detecte sustancias químicas suspendidas en el agua (Kleinenberg et al., 1969). Los quimiorreceptores también pueden realizar una función social, permitiendo que una beluga localice a otros ejemplares cercanos. Además, las belugas pueden detectar cambios en la salinidad del agua (Dudzinski et al., 2002; Muir et al., 1990).



Tacto

Las belugas tienen una sensibilidad en la piel bien desarrollada. Las áreas más sensibles están dentro de la boca, el extremo del rostro u hocico, la inserción de la aleta pectoral y el abdomen (Dudzinski et al., 2002). El sentido del tacto juega un papel importante en los comportamientos sociales orientados por contacto.



NATACIÓN Y BUCEO

Velocidad de natación

En general, las belugas son nadadores lentos, en su mayoría nadando entre 2-6 mph (3-9 Km/h). Se han registrado ejemplares nadando a velocidades de 9.3-17.1 mph (15-27.5 km/h) (Richard *et al.*, 1998, Richard *et al.*, 2001, Shaffer *et al.*, 1997). Cuando se compara con otros odontocetos, las belugas no son capaces de nadar sostenidamente a alta velocidad en la superficie (Shaffer *et al.*, 1997). Las belugas tienden a nadar más rápido durante la migración que durante la muda o alimentación (Suydam *et al.*, 2001).

Buceo

Las belugas (y todos los demás cetáceos) tienen varias adaptaciones para conservar oxígeno, así como varias adaptaciones para minimizar o eliminar los efectos perjudiciales del nitrógeno, tales como la descompresión y la narcosis por nitrógeno, que en ocasiones experimentan los buceadores humanos. Las belugas almacenan la mitad del oxígeno total en la sangre, a diferencia de los humanos, que ubican la mitad del oxígeno total en los pulmones (Berta y Sumich, 2003). Además, al igual que otros cetáceos, las belugas usan aproximadamente el 75% de su capacidad pulmonar total, mientras que los humanos sólo usan de 10 al 15%. Esto les permite cargar más oxígeno y descargar más dióxido de carbono en cada respiración (Wartzok, 2002).

Las belugas también tienen más sangre por unidad de peso que los animales terrestres, representando el 13% de su peso corporal (127.5 ml / kg), en comparación con el 8% de un humano (Ridgway *et al.*, 1984; Elsner, 1999; Shaffer *et al.*, 1997). También tienen un mayor nivel de hemoglobina que los mamíferos terrestres, lo que les permite transportar más oxígeno por unidad de sangre (Ridgway, 1972; Ridgway *et al.*, 1984). Las belugas pueden almacenar oxígeno en la mioglobina de sus músculos. Durante la inmersión, entran en bradicardia, que es una ralentización de la frecuencia cardíaca, desde alrededor de 100 latidos por minuto hasta 12-20 (Kanwisher y Ridgway, 1983). Esto reduce los requerimientos de oxígeno del corazón y ralentiza la circulación de sangre en todo el cuerpo.

Duración promedio de buceo

Mientras que se han registrado inmersiones de hasta 25 minutos, el buceo típico de alimentación raramente dura más de 18-20 minutos; la mayoría oscilan entre 9 y 18 minutos (Heide-Jørgensen *et al.*, 1998; Reidenberg y Laitman, 2002; Schreer y Kovacs, 1997).

Profundidad Máxima de Inmersión / Tiempo de Inmersión Reportado

Las belugas rutinariamente hace inmersiones de más de 15 minutos, con inmersiones de alimentación promedio en el Ártico canadiense que excede los 13 minutos (Martin y Smith, 1999). La inmersión más profunda registrada fue a 3,300 pies (1000 m), y la inmersión registrada más larga duró 25 minutos (Schreer y Kovacs, 1997). Sin embargo, la mayoría de las inmersiones no presentan ni tiempos ni profundidades tan elevadas. Belugas entrenadas para bucear en el océano abierto alcanzaron profundidades de hasta 2,122 pies (647 metros) (Ridgway *et al.*, 1984). Animales entrenados realizaron apneas de hasta 17 minutos sin tiempo pasar un tiempo prolongado en superficie (Shaffer *et al.*, 1997). La duración de la inmersión se ve muy influenciada por las tasas de descenso y profundidad de buceo. La tasa de descenso es determinada por la beluga en superficie y permanece constante durante todo el descenso. Esto sugiere que las belugas usan la ecolocación para determinar a qué profundidad deben bucear para llegar al fondo antes de iniciar la inmersión (Martin y Smith, 1999). Durante un estudio, para alcanzar un interruptor de prueba en aguas de profundidad media, la velocidad de buceo de una beluga se volvió progresivamente más lenta conforme descendía, sin embargo, ascendió más rápido a un ritmo de 2 metros por segundo (Ridgway *et al.*, 1984).

COMPORTAMIENTO

Agrupación social

Las belugas normalmente migran, cazan e interactúan en grupos y rara vez se encuentran solas (Balsiger, 2003; Leatherwood *et al.*, 1988). Típicamente forman grupos llamados pods o manadas, generalmente compuesta por un número variable entre 2 y varias docenas de animales (Gurevich, 1980; Katona *et al.*, 1993; Krasnova *et al.*, 2006). La estructura de los grupos es fluida, con individuos que se mueven entre agrupaciones específicas. Pueden contener animales del mismo sexo y edad, pero pueden variar en estructura y tamaño estacionalmente (Gurevich, 1980).



Los machos viajan con más frecuencia en grupos de 10 a 15 individuos que tienden a mantenerse alejados de otros (Krasnova *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 1994). Las hembras adultas, sus crías y los juveniles forman pods, mientras que las hembras adultas sin crías también pueden formar sus propios grupos (Martin, 1996; Richard, 2002). Incluso, las belugas que aún son subadultas, pero bastante crecidas, a menudo forman sus propios grupos (Richard, 2002). Además, la separación por edad y sexo entre individuos puede remarcar más en ciertas épocas del año, como durante las migraciones o en la selección de diferentes hábitats de alimentación (Loseto *et al.*, 2006; Martin, 1996; O’Corry-Crowe, 2002).

Vocalizaciones de Comunicación

Las belugas, llamadas “canarios de mar” por los primeros balleneros, son quizás los más cantores de todos los cetáceos, produciendo un amplio repertorio de sonidos. Fueron los primeros cetáceos en tener sus vocalizaciones registradas y descritas sistemáticamente (Schevill y Lawrence, 1949). Los primeros intentos de categorización de la increíble variedad de vocalizaciones que son capaces de producir se remontan a 1821. Algunos de sus sonidos fueron comparados con llamadas de aves, el débil mugido de un buey, el sonido producido al frotar un dedo mojado sobre el vidrio, un suspiro profundo, el sonido agudo del llanto de una mujer, los gruñidos de los cerdos e incluso con vasos musicales (Fish y Mowbray, 1962). A día de hoy, los investigadores identifican y asignan los sonidos del diverso repertorio acústico de las belugas a los diferentes tipos de sonidos típicos de los odontocetos: (1) silbidos, o vocalizaciones de banda estrecha y frecuencia modulada, que se cree son señales sociales y (2) sonidos pulsados o “trenes” de pulsos de banda ancha. Algunos investigadores (por ejemplo, Faucher, 1988; Karlsen *et al.*, 2002; Belikov y Belkovitch, 2003; Vergara y Barrett-Lennard 2008, 2010) identificaron llamadas mixtas en belugas, que consisten en un silbido y un pulso o dos sonidos pulsados, producidos sincrónicamente en la misma vocalización.

Ha habido algunos intentos de interpretar la función de las llamadas de las belugas. Un estudio sobre belugas silvestres en la caleta canadiense de Cunningham demostró que las vocalizaciones eran más numerosas durante períodos de interacción social que durante el nado, descanso o situaciones de estrés (Sjare y Smith, 1986).

Parece que algunos de los silbidos producidos por las belugas se utilizan para la comunicación de corto alcance y otros se utilizan para el largo alcance entre grupos no coordinados (Belikov y Bel’kovich, 2006). Uno de los estudios más profundos sobre comunicación acústica en belugas, documenta cómo las crías desarrollan su extenso repertorio de sonidos (Vergara y Barrett-Lennard, 2008). Otro estudio clasificó 28 tipos de llamadas dentro del grupo social del Acuario de Vancouver e identificó pulsos de banda ancha relacionados con la vinculación social, denominadas “llamadas de contacto”, tanto en el Acuario como en vida silvestre (Vergara *et al.*, 2010). Estas llamadas juegan un papel importante tanto en el establecimiento como en el mantenimiento del vínculo entre madres y crías. La identificación de los tipos de llamadas en las belugas tiene un importante papel en su supervivencia, ya que las llamadas de contacto descritas por Vergara y colaboradores permiten a los investigadores evaluar de forma más correcta los efectos que el ruido de origen humano posee sobre las señales de comunicación de los animales.

Las belugas también son expertas imitadoras vocales y son capaces de imitar tanto sonidos artificiales como de cualquier otro tipo. Las belugas en acuarios a menudo imitan los sonidos de sus entornos. Uno aprendió a imitar el sonido de su nombre y una beluga de 15 años en el Acuario de Vancouver produjo sonidos que se parecían al habla humana (Eaton, 1979). Otra beluga macho de 9 años, resguardada de la bahía de San Diego, imitaba el sonido de conversaciones humanas (Ridgway *et al.*, 1985; 2012). La capacidad de los individuos adultos de imitar sonidos que no son parte de su repertorio, sugiere que pueden usar el aprendizaje en el desarrollo de sus vocalizaciones naturales (Tyack 1993).

Alimentación y Caza

En general, las belugas cazan de modo que se requiera el menor gasto energético para la obtención de las mayores recompensas nutricionales. Su éxito de caza es mayor cuando se alimentan de grandes bancos de peces o de presas que se encuentran en grandes concentraciones (Balsiger, 2003). También pueden cazar cooperativamente para conservar energía. Las belugas son conocidas por usar estructuras artificiales hechas por el ser humano para aumentar el éxito de la cacería: un ejemplar espera en el extremo de un muelle mientras que un segundo individuo persigue a los peces a lo largo del muelle hacia el primero, que los espera (Balsiger, 2003). El buceo es un comportamiento muy importante de cara a la caza. Las belugas pueden sumergirse a gran profundidad en busca de presas bentónicas (Martin y Smith, 1999; Richard *et al.*, 1998), siendo muy exitosas en la captura y el consumo de presas que residen en el fondo. Por un lado, sus cuellos flexibles les permiten escanear un área muy amplia de dicho fondo, mientras que algunos de los comportamientos que son capaces de desarrollar como los de escupir y aspirar, facilitan la captura de las presas (Martin y Smith, 1999; O’Corry-Crowe, 2002; Ridgway y Carder, 1998).

Descanso/Estado de reposo

Estudios de actividad cerebral llevados a cabo con varias especies de odontocetos, incluyendo las belugas, muestran que mientras duermen, sólo se producen ondas cerebrales en uno de los dos hemisferios encefálicos. Esto significa que un hemisferio del cerebro



siempre está activo durante el sueño, lo que les permite controlar los patrones de respiración y salir a la superficie (Lyamin *et al.*, 2002; Wagemann *et al.*, 1990). Durante el sueño, el hemisferio que descansa y el que se encuentra activo van cambiando sistemáticamente y varias veces. Los cetáceos tienen la capacidad de nadar mientras duermen, pero un comportamiento de descanso común observado es el “logging” (flotando como tronco), en el que la beluga yace en la superficie del agua (Goley, 1999).

REPRODUCCIÓN Y CUIDADO MATERNO

Ciclo Reproductivo

El ciclo reproductivo de la beluga es estacional, aunque existe una ligera variabilidad entre diferentes regiones geográficas (Reidenberg y Laitman, 2002). La mayor parte del ciclo ocurre desde abril a mayo, aunque en algunas áreas la temporada de reproducción puede comenzar ya en febrero y no concluye hasta finales de junio (Brodie, 1971; Katona *et al.*, 1993; Kleinenberg *et al.*, 1969; Martin, 1996; O’Corry-Crowe, 2002; Reidenberg y Laitman, 2002).

Estudios con belugas en parques zoológicos y acuarios también han mostrado una variación estacional en la producción de hormonas reproductivas. Estos estudios también hacen posible determinar las fechas de concepción. La mayoría de las concepciones en zoológicos y acuarios ocurren entre marzo y mayo (Robeck *et al.*, 2005). Se cree que las hembras que ovulan probablemente se aparean con varios machos diferentes durante la temporada de reproducción (Martin, 1996).



Gestación

En la naturaleza, la gestación varía entre 14 y 14 1/2 meses en la mayoría de las áreas (Brodie, 1971; Katona *et al.*, 1993; O’Corry-Crowe, 2002; Reidenberg y Laitman, 2002). Estudios sobre belugas en zoológicos y acuarios, que permiten a los investigadores seguir el desarrollo del feto desde la concepción hasta el nacimiento, han demostrado que el período de gestación oscila entre aproximadamente 15 a 16 meses (Robeck *et al.*, 2005).

Temporada de Parto

La mayoría de los partos tienen lugar desde finales de la primavera hasta principios del verano, principalmente entre los meses de abril y julio (Balsiger, 2003; COSEWIC, 2004; Kleinenberg *et al.*, 1969; O’Corry-Crowe, 2002; Richard, 2002; Sargento, 1973; Smith *et al.*, 1994). En una población específica, el parto puede extenderse en un período de 2 a 3 meses, con la mayor parte de los nacimientos concentrados en un pico más o menos a mitad del intervalo temporal (COSEWIC, 2002). La temporada de partos y el pico donde se producen la mayor parte de los nacimientos puede variar entre las poblaciones (Cosens y Dueck, 1990).

Nacimiento

Las belugas dan a luz a una cría en cada gestación. No existe ningún registro de nacimientos múltiples en belugas (Kleinenberg *et al.*, 1969). La gran inversión energética que la madre debe realizar para sacar adelante a su cría haría muy difícil, si no imposible, que una beluga hembra pudiese amamantar a dos crías simultáneamente.

El nacimiento de una beluga dura ocho horas en promedio (Robeck *et al.*, 2005). Cuando nacen, la cría pesa entre 136.7 y 196.2 lbs (62-89 kg) (Robeck *et al.*, 2005; Dr. Greg Bossart). Al nacer, en promedio, las crías machos miden 5 pies 1 pulgada (154 cm) de largo y las hembras miden 5 pies 3 pulgadas (161 cm) de largo (Robeck *et al.*, 2005).

Las crías de beluga recién nacidas son capaces de nadar y bucear en lugares poco profundos inmediatamente después del parto, aunque se han observado belugas hembras llevando sus crías sobre sus espaldas cuando son muy jóvenes. A pesar de nacer sin una capa de grasa gruesa, las crías son capaces de sobrevivir al choque térmico que se produce en el nacimiento, en el que pasan del calor del útero

al agua helada, manteniendo su temperatura corporal (Martin, 1996). Una gruesa capa exterior de células de piel aísla a las crías al nacer. Esta se desprende poco después del nacimiento a medida que la cría va generando su propia capa de grasa. Este desprendimiento también causa un cambio en el color de la piel (Doidge, 1990).

Periodo de Lactancia

La mayoría de las crías son parcialmente dependientes de la leche de sus madres hasta los 2 años de edad (Brodie, 1971; Robeck *et al.*, 2005). Bajo cuidados humanos, la lactancia puede prolongarse durante más tiempo. En el Acuario de Vancouver, se observó una hembra juvenil (Qila) mamando hasta que cumplió los seis años (Leung *et al.*, 2010). Tuvaq, una cría nacida en 2002, mamó hasta los tres años y no solamente de su madre Aurora, sino también de su media hermana Qila y de Allua, una hembra no emparentada, quienes comenzaron a producir leche a pesar de no tener crías propias (Leung *et al.*, 2010). Los recién nacidos podrían no mamar durante el primer día tras el nacimiento e incluso más. Pero una vez que comienzan, su tiempo de lactancia aumenta rápidamente, alcanzando un pico 7-10 días después del nacimiento y disminuyendo lentamente a partir de entonces. Las crías de beluga maman aproximadamente cada 36 minutos durante el día y la noche (Russell *et al.*, 1997).

Período de Dependencia Promedio

Las observaciones sugieren que el vínculo materno-filial constituye la base de las relaciones sociales en belugas (Krasnova *et al.*, 2006; O’Corry-Crowe, 2002; Smith *et al.*, 1994). Las crías pueden permanecer con sus madres durante 4-5 años o más. Un gran número de juveniles permanece con sus madres incluso después de que la madre dé a luz a otra cría. Una madre puede dejar a su cría al cuidado del juvenil mientras bucea (Smith *et al.*, 1994). Las madres y las crías dependientes producen una vocalización que sirve como “llamada de contacto” (descrita a detalle en Vergara *et al.*, 2010).

Promedio de Años entre la Descendencia

Las hembras dan a luz cada 2-4 años, produciéndose un parto cada 3 años en la mayor parte de los casos (Brodie, 1971; Katona *et al.*, 1993; Martin, 1996; O’Corry-Crowe, 2002; Richard, 2002).

Edad Promedio a la Madurez Sexual

La edad a la que alcanzan la madurez sexual también varía, de acuerdo con la información reportada. La mayoría coinciden en que las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 5-7 años de edad, mientras que los machos maduran más tarde, a la edad de 8-9 años (Balsiger, 2003; Burns y Seaman, 1988; Katona *et al.*, 1993; Martin, 1996; O’Corry-Crowe, 2002; Richard, 2002). Los machos sexualmente maduros no pueden madurar socialmente hasta varios años después, cuando alcanzan un tamaño que permita la competencia con machos adultos (O’Corry-Crowe, 2002). Las hembras en la naturaleza pueden comenzar a engendrar crías desde los 5 o 6 años, mientras que la hembra más joven que ha sido madre en un parque zoológico o acuario tenía 6.9 años en el momento de la concepción (McAlpine *et al.*, 1999; Robeck *et al.*, 2005). Bajo cuidados humanos, los machos se reproducen a la edad de 9 años, lo que es consistente con la información recopilada en belugas silvestres (Robeck *et al.*, 2005).

Crianza de Belugas en Parques Zoológicos y Acuarios

Las belugas en parques zoológicos y acuarios brindan una oportunidad única para seguir el proceso de reproducción, crecimiento y desarrollo en animales de edad conocida. La crianza y el parto han ocurrido en estas instituciones desde 1981 (O’Brien *et al.*, 2008). A partir de 2011, las 34 belugas existentes en siete acuarios norteamericanos han sido manejadas como una sola población reproductora -más de la mitad de ellas (18) son nacidas en parques zoológicos o acuarios. La posibilidad de contar con muestras de sangre regulares, así como otras medidas y parámetros de estos animales, ha proporcionado información sustancial e importante sobre la especie (Robeck *et al.*, 2005).

LONGEVIDAD Y MORTALIDAD

Edad de las Belugas a través de Dientes

El método estándar para estimar la edad de una beluga es el contero del número de grupos de capas de crecimiento dental (Growth Layer Groups, GLG): capas de dentina (núcleo del diente) y cemento (cubierta externa del diente) que se crean a medida que los animales envejecen (Brodie *et al.*, 1990). Aunque ha existido cierta controversia acerca del uso de esta metodología, la revisión más reciente publicada en la literatura científica concluye con resultados significativos que dos GLG nuevos se depositan en un diente de beluga por año; por lo tanto, la división del número de GLG entre dos proporciona una estimación precisa de la edad del animal (Brodie *et al.*, 2013). Basándose en esta metodología estándar, la beluga silvestre más vieja registrada tenía aproximadamente 38 años de edad (Burns y Seaman, 1986). Las belugas bajo cuidados humanos viven alrededor de los cuarenta y, desde septiembre de 2012, más del 10% de las belugas con fecha de nacimiento conocida y que se encuentran listadas en el Inventario de Mamíferos Marinos (Marine Mammal Inventory Report) del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas Estadounidense, tenían más de 30 años.

Esperanza de Vida

Expectativa de vida mediana vs. expectativa de vida promedio:

La esperanza de vida de las belugas se expresa típicamente como una mediana (número medio) o una media (promedio). La mediana se determina ordenando las edades estimadas de un grupo de animales de mayor a menor; el punto medio de ese conjunto de números (edades) es la mediana de la expectativa de vida. La *expectativa de vida promedio* se determina sumando las edades estimadas de un grupo de animales y dividiendo el resultado entre el número de animales. En el caso de las belugas, el número (edad) expresado para la expectativa de vida promedio es más alto, ya que está influenciado por los animales en el extremo superior del espectro de edad, a diferencia de la mediana.

En vida silvestre: Las expectativas de vida de las belugas silvestres varían ampliamente en función de la ubicación del estudio y la metodología utilizada. De acuerdo con la bibliografía existente, la beluga más longeva en la naturaleza poseía 38 años (Burns y Seaman, 1986). Estimaciones publicadas sobre las tasas de supervivencia anual de adultos oscilan entre el 83% (Heide-Jorgenson y Lockyear, 2000) al 97% (Beland *et al.*, 1992). Cuando se aplica a animales que han sobrevivido un año completo, estas

tasas de supervivencia anual se pueden convertir en esperanzas de vida mediana que van desde 3.49 años hasta 22.76 años, y expectativas de vida promedio que van desde 5.4 años a 32.8 años. La mayoría de los valores reportados de la expectativa de vida de las belugas desde un año de edad oscilan entre 10 y 15 años (Braham, 1984; Burns y Seaman, 1986; Beland *et al.*, 1988; Doidge, 1990; Lessage y Kingsley, 1998).

Bajo cuidado humano: En enero de 2013, las belugas más longevas en parques zoológicos y acuarios tenían alrededor de 40 años; basándose en datos publicados previamente sobre belugas silvestres, sería bastante raro, aunque no imposible, que un animal en vida silvestre alcanzase los 40 años. Basándose en un análisis de los datos del Inventario de Mamíferos Marinos (Marine Mammal Inventory Report) del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas Estadounidense, la tasa de supervivencia anual de las belugas bajo cuidados humanos ha sido calculada en 97% (Innes, *et al.*, 2005). Ésta es la misma que el valor más alto reportado para una población silvestre. El número puede ser interpretado como que una beluga de un año de edad bajo cuidados humanos tendría una expectativa de vida mediana de 22.76 años, y una expectativa de vida promedio de 32.8 años. Por lo tanto, parece claro que la expectativa de vida de una beluga de un año de edad bajo cuidados humanos es al menos igual que la de las belugas de un año de edad en la naturaleza, sino mayor.

AMENAZAS A LAS BELUGAS

La población mundial de belugas, que se distribuye por aguas árticas y subárticas a lo largo de las costas del norte de Alaska, Canadá, Groenlandia, Noruega y Rusia, ha sido catalogada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como “Casi Amenazada” (“Near Threatened”). Los rankings más altos de amenaza de la UICN son “En Peligro Crítico”, “En Peligro” y “Vulnerable”. La UICN es la organización medioambiental mundial más antigua y más grande del mundo, y es una autoridad líder en medioambiente y sostenibilidad.

Aunque a nivel mundial las belugas no están amenazadas, existen tres poblaciones aisladas que están en peligro crítico debido a actividades humanas como el ruido, la contaminación, el tráfico marítimo y la actividad industrial que causa enfermedades, reduce la calidad del hábitat y contamina el suministro alimentario.

La única población de belugas considerada amenazada en los Estados Unidos es la que se localiza en Cook Inlet, Alaska. www.nmfs.noaa.gov/pr/species/mammals/cetaceans/belugawhale.htm

El Comité Canadiense sobre el Estado de la Fauna Silvestre en Peligro de Extinción en Canadá (COSEWIC) ha analizado el estado de muchas de las poblaciones de belugas canadienses. Sus listados, con las fechas de las evaluaciones, son las siguientes:

- Población de St. Lawrence, en peligro de extinción (evaluaciones de 1983 y 1997).
- Población del sureste de Baffin Island-Cumberland Sound, en peligro de extinción (1990).
- Población de Ungava Bay, en peligro de extinción (1988).
- Población del este de Hudson Bay, amenazada (1988).

- Población del este del Alto Ártico / Baffin Bay, preocupación especial (1992).
- Población del oeste de Hudson's Bay, no está en riesgo (1993).
- Población de Beaufort Sea-Arctic Ocean, no está en riesgo (1985).

COSEWIC informa que “...varias de estas poblaciones se redujeron por explotación comercial en el pasado, algunas más que otras. En la actualidad, la caza de subsistencia en algunas partes del Ártico es una preocupación debido a su potencialidad para continuar el declive o imposibilitar la recuperación de las poblaciones. Otros efectos potenciales sobre estas poblaciones incluyen la pérdida de hábitat debida al desarrollo costero, la acumulación de contaminantes tóxicos y las molestias por actividad portuaria comercial, el deshielo y las actividades de observación de ballenas”. www.dfo-mpo.gc.ca/science/publications/uww-msm/articles/beluga-eng.htm



Cambio Climático

Según Randall Reeves, presidente del Grupo de Especialistas en Cetáceos de la UICN, el cambio climático podría ser catastrófico para las belugas. También señala que “...la catástrofe puede ser dramática y rápida o muy prolongada y sutil”. Al mismo tiempo, señala: “es posible que algunas especies de cetáceos, quizás incluso una de estas especies árticas (narvales, belugas y ballenas de Groenlandia) se adapten en cierto grado, y persistan e incluso florezcan, al menos local o regionalmente”.

http://cmsdata.iucn.org/downloads/fact_sheet_red_list_beluga.pdf

La reducción adicional de la capa de hielo marino podría aumentar las actividades humanas en áreas árticas que hoy día son inaccesibles, incrementando la navegación, la exploración y extracción de gas y petróleo o la pesca comercial. Estas actividades aumentarían los riesgos de contaminación y el impacto ambiental y acústico (Hovelsrud *et al.*, 2008). Además, la disminución del hielo afectaría la red trófica del Ártico, lo que obligaría a los mamíferos marinos a cambiar sus hábitos alimenticios (Bluhm y Gradinger, 2008). El hielo marino y el agua extremadamente fría sirven como barreras a otras especies de mamíferos marinos que ahora no se encuentran en el Ártico. Las aguas más cálidas podrían aumentar la competencia por las presas, el riesgo potencial de enfermedades (Burek *et al.*, 2008; Moore *et al.*, 1995) y expondrían en mayor

medida a las poblaciones de belugas a la depredación por orcas (Shelden *et al.*, 2002). Los Inuit del este y el noroeste de la Bahía de Hudson y el estrecho de Hudson, ya han podido percibir los efectos del cambio climático en el comportamiento de las belugas. Con menos hielo marino, está disminuyendo el número de belugas observadas a lo largo de la costa ya que, en su lugar, están migrando hacia corrientes de agua más alejadas del litoral (Ragen *et al.*, 2008).

Una encuesta nacional en EE. UU. indica que las personas que visitan zoológicos y acuarios están más preocupadas por el cambio climático que otros estadounidenses, y están dispuestas a tomar medidas para ayudar debido a que sienten una conexión con los animales. El informe final, “El Cambio Climático Global Visto por Visitantes de Zoológicos y Acuarios”, fue analizado por el proyecto Climate Literacy Zoo Education Network (CLIZEN). El citado CLIZEN está dirigido por la Sociedad Zoológica de Chicago (CZS), responsable de la gestión del zoológico de Brookfield. Funcionarios del CZS dicen que los hallazgos de la encuesta sugieren que los visitantes de zoológicos y acuarios son una audiencia principal para los mensajes educativos sobre el cambio climático. El estudio es parte de un presupuesto de planificación de \$ 1.2 millones USD que CZS recibió del Programa Nacional de Fundación de la Ciencia sobre la Educación para el Cambio Climático y de otra donación proporcionada por la compañía Boeing. www.czs.org/CZS/clizen



Depredadores

Se ha observado orcas depredando sobre belugas (Shelden *et al.*, 2002). Otro potencial depredador de belugas es el oso polar (Lowry *et al.*, 1987). Sin embargo, los investigadores han determinado que ni las orcas ni los osos polares son actualmente una amenaza significativa para las poblaciones de belugas.

Otras Amenazas

No es raro que grupos de belugas queden atrapados en áreas de formación de hielo, a menudo restringiéndolas a pequeños agujeros en el hielo para respirar. Si el hielo no se rompe en tiempo para que puedan escapar, las belugas se enfrentan a la asfixia o al hambre. En un inusual incidente en 1984-85, 2,500-3,000 belugas quedaron atrapadas en el estrecho de Senjavin en Rusia. Una capa de hielo sólido que se extendía a lo largo de 12 millas bloqueaba el camino hacia aguas abiertas. Se estima que 1,000 belugas fallecieron durante dicho evento por cacería, hambre, falta de aire o lesiones. Los esfuerzos de un rompehielos ruso evitaron la muerte de más animales (Ivashin y Shevlyagin, 1987).

A pesar de su aislamiento relativo de los humanos, las actividades humanas están afectando negativamente a las belugas. Éstas incluyen la alteración del hábitat en ambientes estuarinos como resultado del desarrollo hidroeléctrico en ríos (Katona *et al.*, 1993; Leatherwood y Reeves, 1983). Otras amenazas a largo plazo son la competencia con la pesca, la exploración petrolera, el tráfico de embarcaciones y la contaminación. (Balsiger, 2003; Caron y Smith, 1990; Finley *et al.*, 1990; Leatherwood *et al.*, 1988; Seaman *et al.*, 1982; Thomas *et al.*, 1990).

Contaminantes

La contaminación por sustancias químicas tóxicas representa una de las amenazas más graves a largo plazo para algunas poblaciones de belugas. Ejemplares adultos varados en el río St. Lawrence de Canadá, presentaban niveles de PCBs y DDTs tan elevados que podrían haberse considerado “desechos peligrosos” bajo la ley canadiense (Beland *et al.*, 1993). Los investigadores que examinaron los cuerpos de las belugas en St. Lawrence reportaron una tasa de cáncer anual más alta que cualquier otra población de cetáceos y similar a la de los humanos (Martineau *et al.*, 2002). Debido a que las belugas ocupan la cúspide de las redes tróficas en sus ecosistemas, consumen presas altamente contaminadas (Loseto *et al.*, 2008; Wilson *et al.*, 2005). Estas toxinas se transmiten de las madres a las crías a través de la leche (Stern *et al.*, 1994).

Ruido

Debido a la capacidad de audición altamente desarrollada de las belugas, especialmente a altas frecuencias, el ruido puede ser una amenaza para los animales. El ruido subacuático causado por el ser humano mediante distintas fuentes se ha incrementado significativamente en las últimas décadas (por ejemplo, la explotación de hidrocarburos y la exploración sísmica, el dragado, actividades militares, tráfico comercial y embarcaciones de recreación) (Richardson *et al.*, 1995; Erbe and Farmer 2000; Tyack 2008). Este ruido antropogénico puede afectar a la ecolocación y enmascarar sonidos ambientales que los animales utilizan para orientarse o para identificar a depredadores y presas. Puede desencadenar reacciones de evitación y respuestas de estrés (Erbe y Farmer 2000; Tyack 2008). Estos sonidos pueden interferir con la comunicación acústica de los animales (Erbe y Farmer 1998), que es crítica en casos como las vocalizaciones utilizadas para mantener el contacto entre madres y crías (McKillop *et al.*, 2010, Vergara, 2011).

CONSERVACIÓN

La mayoría de las investigaciones que actualmente se llevan a cabo con las belugas se relacionan con la conservación y el manejo de la especie a través de estudios sobre censo y distribución o investigaciones a nivel genético (Brown Gladden *et al.*, 1997; Reeves *et al.*, 2002). Existen alrededor de 150,000 belugas en todo el mundo, una cantidad mucho más baja que las cifras históricas de las poblaciones. La caza comercial a gran escala en el pasado ha contribuido a su disminución. Las belugas tienen una baja tasa de reproducción, lo que limita la recuperación de la población (COSEWIC, 2004; Kingsley, 1998).



En algunas partes del área de distribución de la especie, particularmente en Canadá y Groenlandia, la caza ha sido una amenaza para las belugas. El uso que estos cetáceos hacen de los estuarios, así como el regreso sistemático a los mismos ríos los convierte en particularmente vulnerables a la sobreexplotación (Caron y Smith, 1990; COSEWIC, 2004). Actualmente existen moratorias para cazar ballenas en los Estados Unidos y Canadá. Ambos países hacen excepciones en el caso de la caza de subsistencia limitada a personas de ascendencia nativa, debido a la importancia de estos animales para la supervivencia de los Inuit y su cultura (MacLean *et al.*, 2002). En ambos países, el gobierno y los grupos nativos cooperan para manejar las poblaciones de belugas.



CONTRIBUCIONES DE LAS INSTALACIONES DE LA AMMPA A LA CONSERVACIÓN

El estudio de belugas en parques zoológicos y acuarios aumenta la comprensión de los factores que amenazan la sostenibilidad de la especie en la naturaleza, lo que hace posible la toma de medidas para su conservación y protección. La mayoría de estas investigaciones serían difíciles o imposibles de realizar en medio silvestre. Su existencia nos permite aumentar nuestro conocimiento sobre la biología de las belugas, su fisiología y patogénesis de enfermedades, así como crear indicadores de referencia para comprender mejor los problemas que las amenazan en nuestros océanos y ríos. La investigación sobre audición y bioacústica ayuda a los científicos a comprender las respuestas, los umbrales y los efectos que los niveles del sonido subacuático tienen sobre estos animales. Otros tipos de investigación nos han ayudado a comprender cómo las belugas se enfrentan al incremento de patógenos y a los cambios en la temperatura del agua de los océanos y ríos. Estudios adicionales abordan las necesidades nutricionales y las tasas metabólicas de las belugas que enfrentan crecientes desafíos para la obtención de recursos alimenticios.

Las evaluaciones de salud de las belugas realizadas en 2008 en Bristol Bay, Alaska, se beneficiaron de métodos seguros de manejo desarrollados en parques zoológicos y acuarios.

El Acuario de Georgia patrocinó y realizó investigaciones en Bristol Bay, Canadá, en 2011. El estudio tuvo como objetivo la evaluación de la alimentación local de las belugas, así como su exposición a

contaminantes; la dieta y la contaminación tienen efectos a largo plazo en las poblaciones de belugas. Esta investigación ayudó a proporcionar una comparativa para la población belugas en peligro de extinción en Cook Inlet, Alaska.

Gracias a un estudio realizado en el Mar de Okhotsk, en Rusia, financiado por el Acuario de Georgia, así como otros parques y acuarios, se ha podido obtener la primera información cuantitativa sobre los movimientos diarios de las belugas en dicha región.

Las belugas mantenidas en Mystic Aquarium han cooperado en numerosos estudios, siendo iniciados otros nuevos cada año. Las investigaciones realizadas desde 2005 incluyen inseminación artificial, los efectos de la exposición de la sangre a contaminantes organoclorados, pruebas de electrocardiograma y ultrasonido para uso en cetáceos silvestres, procesos cognitivos, determinación de la tasa metabólica, funcionalidad del sistema inmune o condición corporal entre otros.

El Centro de Investigación Reproductiva de SeaWorld & Busch Gardens constituye un recurso de colaboración con tecnología e investigación líderes para ayudar al manejo y conservación de la vida silvestre y asegurar la diversidad genética en las poblaciones de mamíferos marinos en parques y acuarios de todo el mundo. Gran parte de las investigaciones recientes de SeaWorld con belugas, tienen como objetivo obtener una comprensión de la reproducción, endocrinología, anatomía, comportamiento y fisiología de estos animales. Las herramientas desarrolladas a través de este monitoreo reproductivo y la investigación en reproducción asistida pueden ser integradas en las estrategias de manejo y conservación in situ de las poblaciones (Steinman *et al.*, 2012; Osborn *et al.*, 2011; O'Brien y Robeck, 2010; Robeck *et al.*, 2010; O'Brien y Robeck, 2010; Hill, 2009; O'Brien *et al.*, 2008).

Del mismo modo, las belugas en el Acuario de Vancouver han participado en estudios de comportamiento social (Recchia, 1994), enmascaramiento sensorial de vocalizaciones por el ruido de los rompehielos (Erbe, 1997, 1998), desarrollo vocal en crías (Vergara y Barrett-Lennard, 2008), alo lactancia o amamantamiento de crías ajenas (Leung *et al.*, 2010), así como el uso de llamadas de contacto en belugas silvestres y bajo cuidados humanos (Vergara *et al.*, 2010).

REFERENCIAS

- Angliss RP and Outlaw RB. 2005. Beluga whale (*Delphinapterus leucas*): Beaufort Sea Stock. Alaska Marine Mammal Stock Assessments. NOAA-TM-AFSC-161. <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/sars/ak2005whbg-bf.pdf>
- Angliss RP and Outlaw RB. 2005. Beluga whale (*Delphinapterus leucas*): Bristol Bay Stock. Alaska Marine Mammal Stock Assessments. NOAA-TM-AFSC-161. <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/sars/ak2005whbg-bb.pdf>
- Angliss RP and Outlaw RB. 2005. Beluga whale (*Delphinapterus leucas*): Eastern Bering Sea Stock. Alaska Marine Mammal Stock Assessments. NOAA-TM-AFSC-161. <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/sars/ak2005whbg-bee.pdf>
- Angliss RP and Outlaw RB. 2005. Beluga whale (*Delphinapterus leucas*): Eastern Chukchi Sea Stock. Alaska Marine Mammal Stock Assessments. NOAA-TM-AFSC-161. <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/sars/ak2005whbg-che.pdf>
- Au WWL. 2002. Echolocation. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Au WWL, Penner RH and Turl CW. 1987. Propagation of beluga echolocation signals. Journal of the Acoustical Society of America 82(3): 807-813.
- Au WWL, Carder DA, Penner RH, Scronce BL. 1985. Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. Journal of the Acoustical Society of America 77(2): 726-730.

- Balsiger JW. 2003. Subsistence Harvest Management of Cook Inlet Beluga Whales: Final Environmental Impact Statement. National Marine Fisheries Service, Alaska Region, NOAA.
- Beland P, DeGuise S, Girard Ch, Lagace A, Martineau D, Michaud R, Muir DCG, Norstrom RJ, Pelletier E, Ray S, Shugart LR (1993) Toxic compounds and health and reproductive effects in St. Lawrence beluga whales. *Journal of Great Lakes Research* 19 (4): 766-775
- Belikov RA and Bel'kovich VM. 2006. High-pitched tonal signals of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) in a summer assemblage off Solovetskii Island in the White Sea. *Acoustical Physics* 52(2): 125-131.
- Berta A and Sumich JL. 2003. *Marine Mammals: Evolutionary Biology*. Boston: Academic Press. 494 pp.
- Bluhm BA and Gradinger R. 2008. Regional variability in food availability for Arctic marine mammals. *Ecological Applications* 18(2) Supplement: S77-S96. December 12, 2011 20
- Brodie PF. 1971. A reconsideration of aspects of growth, reproduction, and behavior of the white whale (*Delphinapterus leucas*) with special reference to the Cumberland Sound, Baffin Island, population. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 28: 1309-1318.
- Brodie PF, Geraci JR, and St. Aubin DJ. 1990. Dynamics of tooth growth in beluga whales, *Delphinapterus leucas*, and effectiveness of tetracycline as a marker for age determination. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224.
- Brodie P., K. Ramirez and M. Haulena. 2013. Growth and maturity of belugas (*Delphinapterus leucas*) in Cumberland Sound, Canada, and in captivity: evidence for two growth layer groups (GLGs) per year in teeth. *Journal of Cetacean Research and Management* 13:1-18.
- Brown Gladden JG, Ferguson MM, and Clayton JW. 1997. Matriarchal genetic population structure of North American beluga whales *Delphinapterus leucas* (Cetacea: Monodontidae). *Molecular Ecology* 6: 1033-1046.
- Burek KA, Gulland FMD, and O'Hara TM. 2008. Effects of climate change on Arctic marine mammal health. *Ecological Applications* 18(2) Supplement: S126-S134.
- Burns JJ and Seaman GA. 1988. Investigations of belukha whales in coastal waters of western and northern Alaska. Outer Continental Shelf Environmental Assessment Program. Alaska Dept of Fish and Game.
- Caron LMJ and Smith TG. 1990. Philopatry and site tenacity of belugas, *Delphinapterus leucas*, hunted by the Inuit at the Nastapoka Estuary, eastern Hudson Bay. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224.
- Castellini M. 2002. Thermoregulation. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada (COSEWIC). 2004. COSEWIC assessment and update status report on the beluga whale *Delphinapterus leucas* in Canada. COSEWIC: Ottawa. ix + 70 pp. (www.sararegistry.gc.ca/status/status_e.cfm).
- Cosens SE and Dueck LP. 1990. Spring sightings of narwhal and beluga calves in Lancaster Sound, N.W.T. *Arctic* 43(2): 127-128.
- Cranford TW, Amundin M, and Norris KS. 1996. Functional morphology and homology in the Odontocete nasal complex: Implications for sound generation. *Journal of Morphology* 228: 223-285.
- Department of Fisheries and Oceans Canada (DFO). 2005. Stock assessment of Northern Quebec (Nunavik) beluga (*Delphinapterus leucas*). DFO Canadian Science Advisory Secretariat Science Advisory Report 2005/020.
- Doidge DW. 1990. Integumentary heat loss and blubber distribution in the beluga, *Delphinapterus leucas* December 12, 2011 21 leucas, with comparisons to the narwhal, *Monodon monoceros*. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224.
- Dudzinski KM, Thomas JA, Douaze E. 2002. Communication. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Eaton RL (1979) A beluga whale imitates human speech. *Carnivore* 2:22- 23
- Elsner R. 1999. Living in Water: Solutions to Physiological Problems. In: Reynolds III JE and Rommel SA. *Biology of Marine Mammals*. Washington: Smithsonian Institution Press. 578 pp.
- Erbe C (1997) Masked Hearing Thresholds of Beluga Whale (*Delphinapterus leucas*) Vocalizations in Icebreaker Noise. PhD Thesis, Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver BC, pp 215
- Erbe C, Farmer DM (1998) Masked hearing thresholds of a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) in icebreaker noise. *Deep-Sea Research II* 45:1373-1388, doi: 10.1016/S0967-0645(98)00027-7
- Erbe C, Farmer DM (2000) Zones of impact around icebreakers affecting beluga whales in the Beaufort Sea. *Journal of the Acoustical Society of America* 108:1332-1340
- Finley KJ, Miller GW, Davis RA, and Greene CR. 1990. Reactions of belugas, *Delphinapterus leucas*, and narwhals, *Monodon monoceros*, to ice-breaking ships in the Canadian high arctic. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224.
- Finneran, J. J., Carder, D. A., Dear, R., Belting, T., McBain, J., Dalton, L. and Ridgway, S. H. (2005) "Pure tone audiograms and possible aminoglycoside-induced hearing loss in the belugas (*Delphinapterus leucas*)," *J. Acoust. Soc. Am.* 117: 3936-3943.
- Finneran, J.J., C.E. Schlundt, D.A. Carder, J.A. Clark, J.A. Young, J.B. Gaspin, and S.H. Ridgway (2000). Auditory and behavioral responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) to impulsive sounds resembling distant signatures of underwater explosions. *J. Acoust. Soc. Am.* 108 (1), 417-431.
- Fish MP and Mowbray WH. 1962. Production of underwater sound by the white whale or beluga, *Delphinapterus leucas* (Pallas). *Journal of Marine Research* 20(2): 149-161.
- Fraday T. 2004. Beluga Whale Death Appears to be of Natural Causes. National Marine Fisheries Service Northeast Regional Office News. http://www.nefsc.noaa.gov/press_release/2004/news04.17.htm
- Frankel AS. 2002. Sound production. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Fordyce RE. 2002. Cetacean evolution. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Boston: Academic Press. 1414 pp. December 12, 2011 22
- Garde E, Heide-Jørgensen MP, Hansen SH, Nachman G, and Forchhammer MC. (2005). Age-specific growth and remarkable longevity in narwhals (*Monodon monoceros*) from West Greenland as estimated by aspartic acid racemization. *Journal of Mammalogy* 88(1): 49-58.
- Goley PD. 1999. Behavioral aspects of sleep in Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*, Gill 1865). *Marine Mammal Science* 15(4): 1054-1064.
- Griebel U and Peichl L. 2003. Color vision in aquatic mammals—facts and open questions. *Aquatic Mammals* 29(1): 18-30.
- Gurevich VS. 1980. Worldwide distribution and migration patterns of the white whale (beluga), *Delphinapterus leucas*. *Reports of the International Whaling Commission* 30: 465-480.
- Harley HE, Xitco Jr MJ, and Roitblat HL. 1995. Echolocation, cognition, and the dolphin's world. In: Kastelein RA, Thomas JA, and Nachtigall PE (Eds.). *Sensory Systems of Aquatic Mammals*. The Netherlands: De Spil Publishers. p. 529-542.
- Harwood LA and Smith TG. 2002. Whales of the Inuvialuit settlement region in Canada's Western Arctic: An overview and outlook. *Arctic* 55(Supp. 1): 77-93.
- Harwood LA, Norton P, Day B, and Hall PA. 2002. The harvest of beluga whales in Canada's Western Arctic: Hunter-based monitoring of the size and composition of the catch. *Arctic* 55(1): 10-20.
- Heide-Jørgensen MP, Richard PR, and Rosing-Asvid A. 1998. Dive patterns of belugas (*Delphinapterus leucas*) in waters near Eastern Devon Island. *Arctic* 51(1): 17-26.
- Hobbs RC and Shelden KEW. 2008. Supplemental status review and extinction assessment of Cook Inlet belugas (*Delphinapterus leucas*). AFSC Processed Rep. 2008-08, 76 p. Alaska Fish. Sci. Cent., NOAA, National Marine Fisheries Service, 7600 Sand Point Way NE, Seattle WA 98115.
- Hooker SK. 2002. Toothed whales, overview. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Hovelsrud GK, McKenna M, and Huntington HP. 2008. Marine mammal harvests and other interactions with humans. *Ecological Applications* 18(2) Supplement: S135-S147.
- International Whaling Commission (IWC). 2000. Report of the sub-committee on small cetaceans. *Journal of Cetacean Research and Management* 2(Supplement): 243-250. IUCN (2010) Species and climate change. Electronic source, retrieved from <http://www.iucn.org/>
- Ivashin MV and Shevlyagin KV. 1987. The white whale (*Delphinapterus leucas* Pallas, 1776): Entrapment and escape in the ice of Senjavin Strait, USSR. *Reports of the International Whaling Commission* 37: 357-359.

- Iverson SJ. 2002. Blubber. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Boston: Academic Press. 1414 pp. December 12, 2011 23
- Kanwisher, J.W. and Ridgway, S. H. (1983) The physiological ecology of whales and porpoises. Scientific American. 248:(6)110-120.
- Kastelein RA, Ford J, Berghout E, Wiepkema PR and van Boxsel M. 1994. Food consumption, growth and reproduction of belugas (*Delphinapterus leucas*) in human care. Aquatic Mammals 20(2): 81-97.
- Katona SK, V Rough, and DT Richardson. 1993. A Field Guide to Whales, Porpoises, and Seals from Cape Cod to Newfoundland, 4th Edition, Revised. Washington: Smithsonian Institution Press. 316 pp.
- Kingsley MCS. 1998. Population index estimates for the St. Lawrence belugas, 1973-1995. Marine Mammal Science 14(3): 508-530.
- Kleinenberg SE, Yablokov AV, Bel'kovich BM, and Tarasevich MN. 1969. Beluga (*Delphinapterus leucas*): Investigation of the Species. Israel Program for Scientific Translations.
- Klishin VO, Popov VV, and Supin AY. 2000. Hearing capabilities of a beluga whale, *Delphinapterus leucas*. Aquatic Mammals 26(3): 212-228.
- Krasnova VV, Bel'kovich VM, and Chernetsky AD. 2006. Mother-infant spatial relations in wild beluga (*Delphinapterus leucas*) during postnatal development under natural conditions. Biology Bulletin 33(1): 53-58.
- Laidre KL, Stirling I, Lowry LF, Wiig Ø, Heide-Jørgensen MP, and Ferguson SH. 2008. Quantifying the sensitivity of Arctic marine mammals to climate-induced habitat change. Ecological Applications 18(2) Supplement: S97-S125.
- Lammers MO and Castellote M. 2009. The beluga whale produces two pulses to form its sonar signal. Biology Letters 5: 297-301.
- Leatherwood S, and RR Reeves. 1983. The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins. San Francisco: Sierra Club Books. 302 pp.
- Leatherwood S, Reeves RR, Perrin WF, and Evans WE. 1988. Whales, Dolphins, and Porpoises of the Eastern North Pacific and Adjacent Arctic Waters. New York: Dover Publications, Inc. 245 pp.
- Leung SL, Vergara V, Barrett-Lennard LG (2010) Allonursing in Captive Belugas (*Delphinapterus leucas*). Zoo Biology 29:1-5
- Lyamin OI, Mukhametov LM, Siegel JM, Nazarenko EM, Polyakova IA, and Shpak OV. 2002. Unihemispheric slow wave sleep and the state of the eyes in a white whale. Behavioral Brain Research 129(1-2): 125-129.
- Loseto LL, Richard P, Stern GA, Orr J, and Ferguson SH. 2006. Segregation of Beaufort Sea beluga whales during the open-water season. Canadian Journal of Zoology 84: 1743-1751.
- Loseto LL, Stern GA, and Ferguson SH. 2008. Size and biomagnification: How habitat selection explains beluga mercury levels. Environmental Science & Technology 42(11): 3982-3988. December 12, 2011 24
- Lowry LF, Burns JJ and Nelson RR. 1987. Polar bear, *Ursus maritimus*, predation on belugas, *Delphinapterus leucas*, in the Bering and Chukchi Seas. Canadian Field-Naturalist 101(2): 141-146.
- Luque SP and Ferguson SH. 2006. Age structure, growth, and mortality of eastern Beaufort Sea beluga (*Delphinapterus leucas*): a comparison among Canadian populations. Canada/Inuvialuit Fisheries Joint Management Committee Report 2006-1: v + 27p.
- Luque SP, Higdon JW, and Ferguson SH. 2007. Dentine deposition rates in belugas (*Delphinapterus leucas*): An analysis of the evidence. Aquatic Mammals 33(2): 241-245.
- MacLean SA, Sheehan GW and Jensen AM. 2002. Inuit and marine mammals. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Martin AR and Smith TG. 1999. Strategy and capability of wild belugas, *Delphinapterus leucas*, during deep, benthic diving. Canadian Journal of Zoology 77: 1783-1793.
- Martin AR, Hall P and Richard PR. 2001. Dive behavior of belugas (*Delphinapterus leucas*) in the shallow waters of Western Hudson Bay. Arctic 54(3): 276-283.
- Martin T. 1996. Beluga Whales. Voyageur Press: Stillwater, Minnesota. 72 pp.
- Martineau D, Lemberger K, Dallaire A, Labelle P, Lipscomb TP, Michel P, Mikaelian I (2002). Cancer in wildlife, a case study: beluga from the St Lawrence estuary, Quebec, Canada. Environ. Health Perspect. 110 (3): 285-292. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240769/>
- Mass AM and Supin AY. 2002. Visual field organization and retinal resolution of the beluga, *Delphinapterus leucas* (Pallas). Aquatic Mammals 28(3): 241-250.
- McAlpine DF, Kingsley MCS, Daoust PY. 1999. A lactating record-age St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*). Marine Mammal Science 15(3): 854-859.
- McKillop M, Vergara V, Barrett-Lennard LG (2010) Potential impacts of shipping noise on mother-calf acoustic contact in belugas. Poster presented at the 24th Annual Meeting of the Society for Conservation Biology, Edmonton, Alberta, Canada.
- Mooney TA, Nachtigall PE, Castellote M, Taylor KA, Pacini AF, and Esteban JA. 2008. Hearing pathways and directional sensitivity of the beluga whale, *Delphinapterus leucas*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 362: 108-116.
- Moore PWB, Pawloski DA and Dankiewicz L. 1995. Interaural time and intensity difference thresholds in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). In: Kastelein RA, Thomas JA, and Nachtigall PE (Eds.). Sensory Systems of Aquatic Mammals. The Netherlands: De Spil Publishers. p. 11-25.
- Muir DCG, Ford CA, Stewart REA, Smith TG, Addison RF, Zinck ME, and Bédard P. 1990. Organochlorine contaminants in belugas, *Delphinapterus leucas*, from Canadian waters. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). Advances in research on the beluga whale, *Delphinapterus leucas*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224. December 12, 2011 25
- O'Brien JK, Steinman KJ, Schmitt T, and Robeck TR. 2008. Semen collection, characterization and artificial insemination in the beluga (*Delphinapterus leucas*) using liquid-stored spermatozoa. Reproduction, Fertility and Development 20: 770-783.
- O'Corry-Crowe G. 2008. Climate change and the molecular ecology of Arctic marine mammals. Ecological Applications 18(2) Supplement: S56-S76.
- O'Corry-Crowe GM. 2002. Beluga whale. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- O'Corry-Crowe GM, Suydam RS, Rosenberg A, Frost KJ, and Dizon AE. 1997. Phylogeography, population structure and dispersal patterns of the beluga whale (*Delphinapterus leucas*) in the western Nearctic revealed by mitochondrial DNA. Molecular Ecology 6: 955-970.
- Pabst DA, Rommel SA, and McLellan WA. 1999. The Functional Morphology of Marine Mammals. In: Reynolds III JE and Rommel SA (eds.). Biology of Marine Mammals. Washington: Smithsonian Institution Press. 578 pp.
- Ragen TJ, Huntington HP, and Hovelsrud GK. 2008. Conservation of Arctic marine mammals faced with climate change. Ecological Applications 18(2) Supplement: S166-S174.
- Recchia C (1994) Social behaviour of captive belugas, *Delphinapterus leucas*. Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology/Woods Hole Oceanographic Institution, joint program. WHOI-94-03, pp 198
- Recchia C. 1992. The "sea canary." Oceanus 35(3): 65-67.
- Reeves RR, Smith BD, Crespo EA, and di Sciara GN. 2001. 2002-2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans: Dolphins, Whales and Porpoises. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group.
- Reeves RR, Stewart BS, Clapham PJ, and Powell JA. 2002. National Audubon Society Guide to Marine Mammals of the World. New York: Alfred A. Knopf. 528 pp.
- Reidenberg JS and Laitman JT. 2002. Prenatal development in cetaceans. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Boston: Academic Press. 1414 pp.
- Richard P. 2002. Underwater World: Beluga. Fisheries and Oceans Canada. www.dfo-mpo.gc.ca.
- Richard PR, Heide-Jørgensen MP, and St. Aubin DJ. 1998. Fall movements of belugas (*Delphinapterus leucas*) with satellite-linked transmitters in Lancaster Sound, Jones Sound, and northern Baffin Bay. Arctic 51(1): 5-16.
- Richard PR, Heide-Jørgensen MP, Orr JR, Dietz R and Smith TG. 2001. Summer and autumn movements and habitat use by belugas in the Canadian High Arctic and adjacent areas. Arctic 54(3): 207-222.
- Richardson J, Greene C, Malm C, Thomson D (1995) Marine Mammals and Noise. Academic Press, San Diego, California December 12, 2011 26
- Ridgway SH. 1972. Homeostasis in the Aquatic Environment. In: Ridgway SH (Ed.). Mammals of the Sea: Biology and Medicine. Springfield: Charles C. Thomas. 812 pp.
- Ridgway SH and Carder DA. 1988. Nasal pressure and sound production in an echolocating white whale, *Delphinapterus leucas*. In: Nachtigall PE and Moore WB (Eds.). Animal Sonar. Plenum Publishing Corp.
- Ridgway SH and Carder DA. 1998. Net-aided foraging by two white whales. Marine Mammal Science 14(2): 332-334.
- Ridgway, S.H., C.A. Bowers, D. Miller, M.L. Schultz, C.A. Jacobs, and C.A. Dooley. (1984) Diving and blood oxygen in the white whale. Can. J. Zool. 62:(11) 2349-2351.
- Ridgway SH, Carder DA, Jeffries MM (1985) Another "talking" male white whale. Abstracts of the sixth biennial conference on the biology of marine mammals, p. 67

- Ridgway SH, Carder DA, Smith R, Kamolnick T, and Elsberry W. 1997. First audiogram for marine mammals in the open ocean and at depth: Hearing and whistling by two white whales. *Journal of the Acoustical Society of America* 101: 3136.
- Ridgway, S.H., D.A. Carder, T. Kamolnick, R.R. Smith, C.E. Schlundt, and W.R. Elsberry. (2001) Hearing and Whistling in the Deep Sea: Depth Influences Whistle Spectra But Does Not Attenuate Hearing by White Whales (*Delphinapterus leucas*, Odontoceti, Cetacea) *J. Exp. Biol.* 204, 3829-3841.
- Ridgway, S. H., Carder, D. A., Jefferies, M., and Todd, M. (2012) Spontaneous human speech mimicry by a cetacean. *Current Biology.* 22, R860-861.
- Robeck TR, Monfort SL, Calle PP, Dunn JL, Jensen E, Boehm JR, Young S, and Clark ST. 2005. Reproduction, growth and development in captive beluga (*Delphinapterus leucas*). *Zoo Biology* 24: 29-49.
- Roitblat HL, Helweg DA and Harley HE. 1995. Echolocation and imagery. In: Kastelein RA, Thomas JA, and Nachtigall PE (Eds.). *Sensory Systems of Aquatic Mammals.* The Netherlands: De Spil Publishers. p. 171-182.
- Russell JM, Simonoff JS and Nightingale J. 1997. Nursing behaviors of beluga calves (*Delphinapterus leucas*) born in captivity. *Zoo Biology* 16: 247-262.
- Schevill WE and Lawrence B. 1949. Underwater listening to the white porpoise (*Delphinapterus leucas*). *Science* 109: 143-144.
- Schevill WE, Lawrence B (1949) Underwater listening to the white porpoise (*Delphinapterus leucas*). *Science* 109:143-144
- Schlundt, C. E., Finneran, J. J., Carder, D. A. and Ridgway, S. H. (2000) Temporary shift in masked hearing thresholds (MTTS) of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and white whales, *Delphinapterus leucas*, after exposure to intense tones. *J. Acoust. Soc. Am.* 107 (4), 3496-3508. December 12, 2011 27
- Schreer JF and Kovacs KM. 1997. Allometry of diving capacity in air-breathing vertebrates. *Canadian Journal of Zoology* 75: 339-358.
- Seaman GA, Lowry LF, and Frost KJ. 1982. Foods of belukha whales (*Delphinapterus leucas*) in western Alaska. *Cetology* 44: 1-19.
- Sergeant DE. 1973. Biology of white whales (*Delphinapterus leucas*) in western Hudson Bay. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30: 1065-1090.
- Sergeant DE and Brodie PF. 1969. Body size in white whales, *Delphinapterus leucas*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26: 2561-2580.
- Shaffer SA, Costa DP, Williams TM, and Ridgway SH. 1997. Diving and swimming performance of white whales, *Delphinapterus leucas*: an assessment of plasma lactate and blood gas levels and respiratory rates. *Journal of Experimental Biology* 200: 3091-3099.
- Shelden KEW, Rugh DJ, Mahoney BA, and Dahlheim ME. 2002. Killer whale predation on belugas in Cook Inlet, Alaska: Implications for a depleted population. National Marine Mammal Laboratory, Alaska Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service, NOAA. <http://nmml.afsc.noaa.gov>.
- Sjare BL and Smith TG. 1986. The relationship between behavioral activity and underwater vocalizations of the white whale, *Delphinapterus leucas*. *Canadian Journal of Zoology* 64: 2824-2831.
- Smith TG, Hammill MO and Martin AR. 1994. Herd composition and behavior of white whales (*Delphinapterus leucas*) in two Canadian arctic estuaries. *Meddelelser om Grønland, Bioscience* 39: 175-184.
- Smith TG, St. Aubin DJ and Hammill MO. 1992. Rubbing behavior of belugas, *Delphinapterus leucas*, in a high Arctic estuary. *Canadian Journal of Zoology* 70: 2405-2409.
- St. Aubin DJ, Smith TG and Geraci JR. 1990. Seasonal epidermal molt in beluga whales, *Delphinapterus leucas*. *Canadian Journal of Zoology* 68: 359-367.
- Stern GA, Muir DCG, Segstro MD, Dietz R and Heide-Jørgensen MP. 1994. PCB's and other organochlorine contaminants in white whales (*Delphinapterus leucas*) from West Greenland: variations with age and sex. *Meddelelser om Grønland, Bioscience* 39: 245-259.
- Stewart REA, Campana SE, Jones CM, and Stewart BE. 2006. Bomb radiocarbon dating calibrates beluga (*Delphinapterus leucas*) age estimates. *Canadian Journal of Zoology* 84: 1840-1852.
- Suydam RS, Lowry LF, Frost KJ, O'Corry-Crowe GM and Pikok Jr. D. 2001. Satellite tracking of Eastern Chukchi Sea beluga whales into the Arctic Ocean. *Arctic* 54(3): 237-243.
- Thewissen JGM. 2002. Hearing. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals.* Boston: Academic Press. 1414 pp. December 12, 2011 28
- Thomas JA, Kastelein RA and Awbrey FT. 1990. Behavior and blood catecholamines of captive belugas during playbacks of noise from an oil drilling platform. *Zoo Biology* 9: 393-402.
- Turl CW. 1990. Echolocation abilities of the beluga, *Delphinapterus leucas*: a review and comparison with the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas.* Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224.
- Turl CW, Penner RH, Au WWL (1987) Comparison of target detection capabilities of the beluga and bottlenose dolphin. *Journal of the Acoustical Society of America* 85:1487-1491
- Turl CW, Skaar DJ, Au WW (1991) The echolocation ability of the beluga (*Delphinapterus leucas*) to detect targets in clutter. *Journal of the Acoustical Society of America.* 89:896-901
- Tyack PL. 1999. Communication and Cognition. In: Reynolds III JE and Rommel SA. *Biology of Marine Mammals.* Washington: Smithsonian Institution Press. 578 pp.
- Tyack PL (1993) Animal language research needs a broader comparative and evolutionary framework. In: Roitblat HL, Hermman LM, Nachtigall PE (eds) *Language and Communication: Comparative Perspectives.* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, pp 115-152
- Tyack PL (2008a) Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy* 89:549-558, doi: 10.1644/07-MAMM-S-307R.1
- Van Parijs SM, Lydersen C, and Kovacs KM. 2003. Sounds produced by individual white whales, *Delphinapterus leucas*, from Svalbard during capture (L). *Journal of the Acoustical Society of America* 113(1): 57-60.
- Vergara V (2011). Acoustic communication and vocal learning in belugas (*Delphinapterus leucas*). PhD Thesis. Department of Zoology, University of British Columbia, Vancouver, BC, pp. 137.
- Vergara V, Barrett-Lennard LG (2008) Vocal development in a beluga calf (*Delphinapterus leucas*). *Aquatic Mammals* 34:123-143, doi: 10.1578/AM.34.1.2008.123
- Vergara V, Michaud R, Barrett-Lennard LG (2010) What can captive whales tell us about their wild counterparts? Identification, usage and ontogeny of contact calls in belugas (*Delphinapterus leucas*). *International Journal of Comparative Psychology* 23:278-309 http://www.comparativepsychology.org/ijcp-2010-3/05/Vergara_etal_FINAL.pdf
- Wagemann R, Stewart REA, Béland P, and Desjardins C. 1990. Heavy metals and selenium in tissues of beluga whales, *Delphinapterus leucas*, from the Canadian arctic and the St. Lawrence Estuary. In: Smith TG, St. Aubin DJ, and Geraci JR (Eds.). *Advances in research on the beluga whale, Delphinapterus leucas.* Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 224.
- Wartzok D. 2002. Breathing. In: Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals.* Boston: Academic Press. 1414 pp. December 12, 2011 29
- Willis, K. 2011. "Beluga (*Delphinapterus leucas*) Adult Life Expectancy: Wild Populations vs the Population in Human Care". Alliance of Marine Mammal Parks and Aquariums, Washington, DC.
- Wilson JY, Cooke SR, Morre MJ, Martineau D, Mikaelian I, Metner DA, Lockhart WL, and Stegeman JJ. 2005. Systemic effects of Arctic pollutants in beluga whales indicated by CYP1A1 expression. *Environmental Health Perspectives* 113(11): 1594-1599.

