

BIÓNICA

IMITANDO A LA NATURALEZA



CARLES MARSAL
EDUARD MARTORELL

BIÓNICA

IMITANDO A LA NATURALEZA

CARLES MARSAL

EDUARD MARTORELL

Primera edición: enero de 2019

© del texto: Eduard Martorell

© de las ilustraciones: Carles Marsal

Edita:

9 Grupo Editorial / Lectio Ediciones
C/ Mallorca, 314, 1º 2ª B • 08037 Barcelona
Tel. 977 60 25 91 • 93 363 08 23
lectio@lectio.es • www.lectio.es

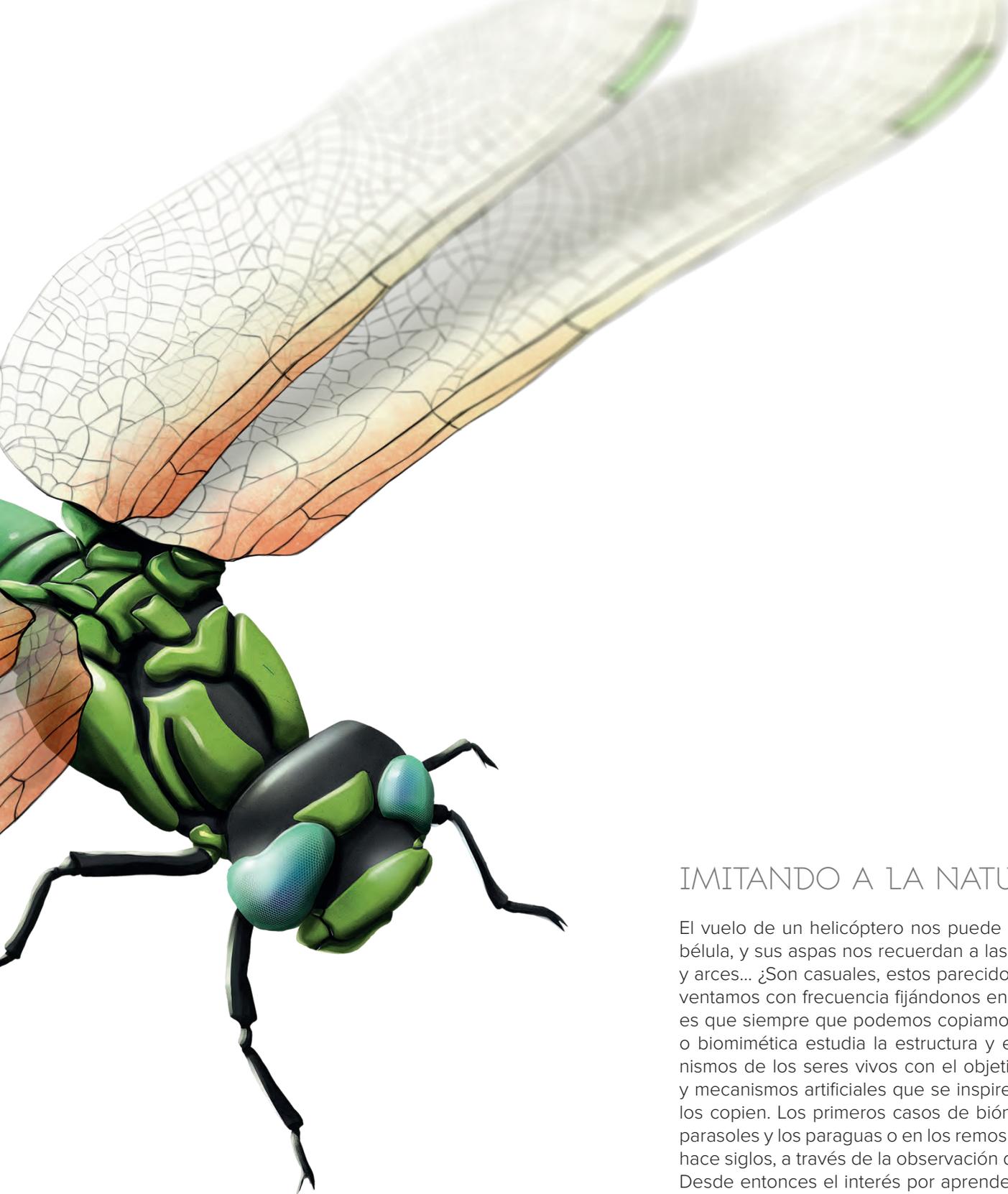
Diseño y composición: 3 x Tres

Concepto de la maquetación: Carles Marsal

Impresión: GPS Group

ISBN: 978-84-16918-47-8

DL T 5-2019



IMITANDO A LA NATURALEZA

El vuelo de un helicóptero nos puede recordar el vuelo de una libélula, y sus aspas nos recuerdan a las alas de las semillas de tilos y arces... ¿Son casuales, estos parecidos, o es que las personas inventamos con frecuencia fijándonos en la naturaleza? La respuesta es que siempre que podemos copiamos a la naturaleza. La biónica o biomimética estudia la estructura y el funcionamiento de mecanismos de los seres vivos con el objetivo final de crear materiales y mecanismos artificiales que se inspiren en ellos o, sencillamente, los copien. Los primeros casos de biónica los encontramos en los parasoles y los paraguas o en los remos y los timones. Se inventaron hace siglos, a través de la observación de seres vivos muy diversos. Desde entonces el interés por aprender e imitar a la naturaleza no se ha detenido, y actualmente tenemos inventos muy recientes que también descubriréis en este libro... como los últimos robots.

INTRODUCCIÓN



VOLAMOS COPIANDO FORMAS DE LA NATURALEZA...

El interés por volar ha acompañado a nuestra especie desde siempre. Ahora que volamos en grandes aviones de motores a reacción, quizás hemos olvidado que las hélices son la pieza clave que proporciona la fuerza que los impulsa. Fijaos en la forma de cada pala de una hélice y veréis que se parece mucho al ala de las semillas de algunos árboles, como los arces. Si no habéis visto nunca caer una de estas semillas, tenéis que conseguir una y soltarla desde una altura considerable: veréis que se mueve girando de la misma manera como giran las palas de las hélices que hemos construido artificialmente.

Los deportistas que se dedican al vuelo con aviones planeadores sin motor también saben que sin haber estudiado las aves ra-

paces nos habría costado mucho diseñar las alas de estos aviones. La forma de las alas artificiales copia las naturales, evolucionadas para favorecer la fuerza ascendente. Y es que estas aves se elevan aprovechando las corrientes ascendentes de aire caliente, como los aviones planeadores.

¿Y los deportistas que practican el deporte de riesgo de la caída libre con traje aéreo? Pueden volar con esta libertad porque alguien se fijó en el vuelo planeador de las ardillas voladoras. El traje aéreo copia los pliegues de piel bien extendidos de estas ardillas cuando saltan desde una rama alta de un árbol y planean hasta llegar a su nuevo objetivo.



... Y TAMBIÉN NADAMOS Y NAVEGAMOS MÁS RÁPIDO GRACIAS A LA NATURALEZA

La forma de las hélices de los aviones no es muy diferente de la que tienen las hélices de los barcos con motor. El mismo tipo de movimiento que impulsa a los aviones en el aire también impulsa los barcos en otro fluido: el agua.

Para desplazarnos por el agua a más velocidad cuando nadamos, nos servimos de las aletas o pies de pato. Seguro que los habéis probado alguna vez, ¿no? Las personas las inventamos fijándonos en los animales que son grandes nadadores sin ser peces: patos y otras aves que se desplazan frecuentemente por el agua, y ranas y sapos. Las extremidades inferiores de estos animales tienen unas membranas entre los dedos de los pies, las membranas interdigitales, que aumentan mucho su superficie de contacto con el agua. Como resultado, se pueden impulsar con mucha más eficacia y moverse con más rapidez. Pero todavía hemos imitado más a la naturaleza para nadar rápido: los nadadores profesionales utilizan trajes de baño elaborados con un material que imita la piel de algunos animales marinos muy veloces, como los delfines y las orcas, e incluso las escamas de algunos peces que ayudan a disminuir las turbulencias con el agua y, por tanto, su resistencia en el avance.

Las aletas de los peces también nos han ayudado a diseñar objetos que nos facilitan la navegación. Si vais en una barca de remos, veréis enseguida que las palas de los remos os permiten avanzar porque hacen la misma función que la aleta caudal (la cola) de los peces. Y con la pala del timón dirigís el trayecto de la barca, como hacen los peces moviendo la posición de sus aletas pectorales (las que tienen a cada lado de la zona equivalente a nuestro pecho).

INTRODUCCIÓN

OTROS INVENTOS BIOMIMÉTICOS

La observación y estudio del vuelo de las abejas del género *Bombus* ha ayudado a construir robots que pueden mantenerse un rato dentro de los tornados y enviar información muy valiosa que quizás ayudará a mejorar la predicción de estos fenómenos meteorológicos.

Algunas gafas protectoras han sido diseñadas estudiando los ojos de las serpientes, o mejor dicho, los párpados transparentes que tienen soldados a ellos. Ya se están fabricando agujas hipodérmicas muy pequeñas que, imitando los aguijones de los mosquitos, consiguen que los pinchazos sean indoloros. Otros animales nos han enseñado a diseñar y construir ventosas. Fijaos en las ventosas de las patas de pulpos, sepias y calamares, o en los pequeños pies ambulacrales de las estrellas de mar. Los humanos hemos diseñado las ventosas artificiales copiando exactamente esta forma, pero las hemos construido con plásticos y gomas.

¿Sabéis qué otro invento tuvo mucho éxito gracias a las brácteas de algunas plantas, como las de las plantas del género *Arctium*, por ejemplo? Seguro que sí, porque lo habéis utilizado muchas veces: ¡el *Velcro*! Exacto, este tipo de cinta adherente que permite pegar y despegar con mucha facilidad cintas y piezas de ropa. Seguro que lo habéis utilizado para cerrar unas zapatillas deportivas o para fijar alguna capucha... ¡Qué gran invento!

¡Eh!, y no podemos olvidar otro gran grupo de seres vivos, los hongos, que nos dieron la idea necesaria para construir los paraguas: ¡la forma de muchas setas lo hacía evidente!

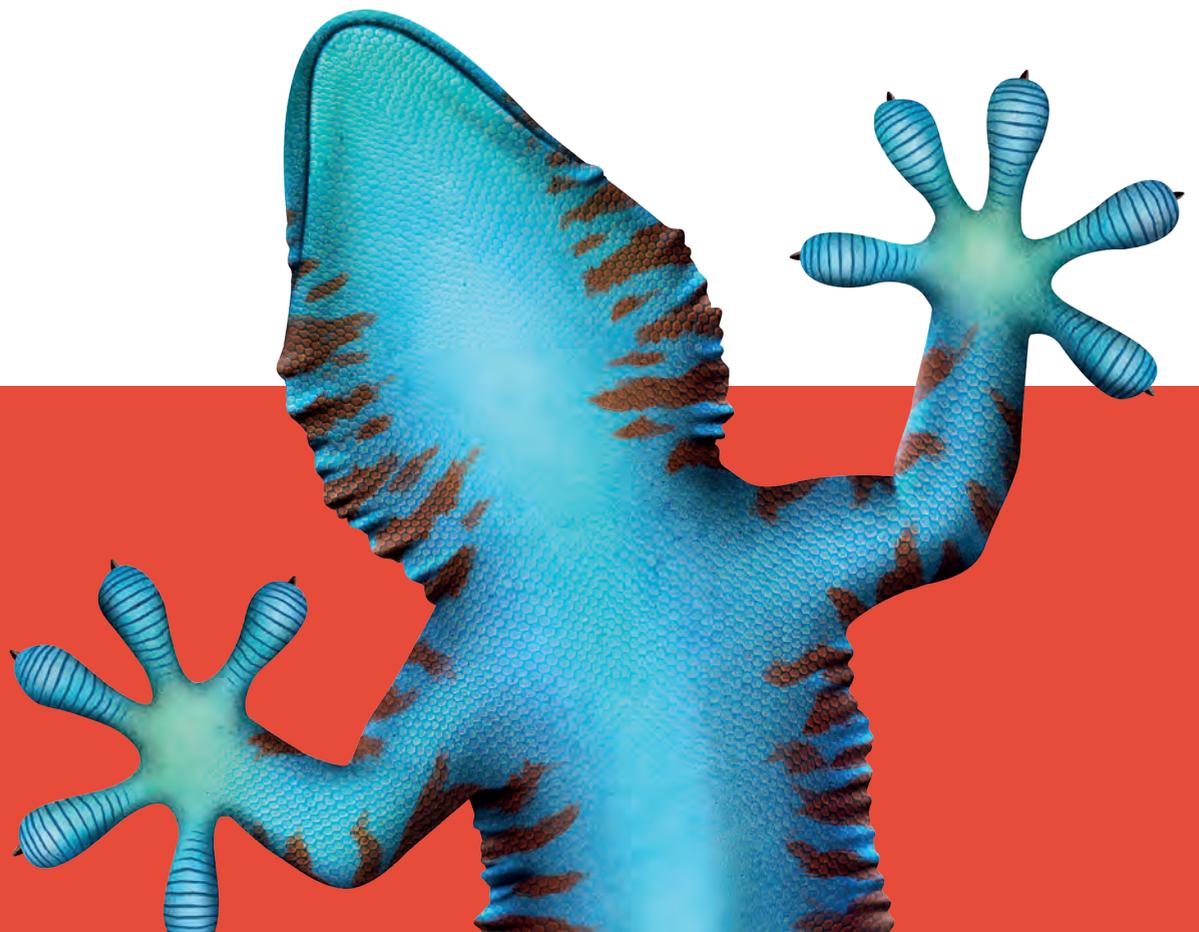
Continuando con esta introducción os explicaremos que científicos de la Universidad de Cambridge publicaron hace muy pocos años en la revista *Science* los resultados de la observación de una transmisión mecánica en una estructura biológica. Este sistema consiste en unos engranajes formados por tiras de diez o doce dientes situados en unas estructuras curvas que se encuentran en las patas posteriores del *Issus* sp., un género de insecto hemíptero muy común en Europa. Se ha observado que los ejemplares jóvenes de estos insectos sincronizan sus saltos gracias a esta especie de engranajes de dientes asimétricos, los cuales aseguran que los saltos siempre sean hacia adelante y que no haya la posibilidad de descoordinar la dirección del salto a partir del impulso de las dos patas.

Esta estructura anatómica, que funciona de una manera parecida a la de los engranajes de ruedas dentadas en la transmisión de una bicicleta, una moto o un coche, desaparece cuando los individuos juveniles mudan —deshaciéndose del exosqueleto quitinoso— para crecer. Por tanto, cuando son adultos ya no tienen este mecanismo natural, y se sospecha que esto se debe al hecho de que los adultos no serían capaces de regenerar los dientes si se rompieran o se estropearan, cosa que sí son capaces de hacer los individuos jóvenes.

Para terminar, solamente dos ejemplos más, uno muy antiguo y otro rabiosamente moderno. Comenzamos por el antiguo: en el año 1719, el francés François Réaumur empezó a fabricar papel (¡sí, papel!) gracias a la observación de las avispas, de cómo las avispas fabrican sus nidos a partir de la madera. Si alguna vez habéis cogido un nido de avispas abandonado (de otra manera os llevaríais un buen montón de picadas muy dolorosas...), habréis visto que está formado por unas láminas de auténtico papel finísimo. François Réaumur tuvo la paciencia de observar cómo lo fabricaban y... ¡*voilà!*, empezó a copiar a las avispas y a crear los primeros papeles fabricados a partir de pasta de madera. Todavía hoy en día la principal materia prima de la pasta que se usa para hacer papel es la madera de diferentes especies de árboles.

Y el segundo ejemplo: actualmente algunos biólogos e ingenieros estudian de qué manera se puede incorporar anticongelante entre las capas de metal más externas de las alas de los aviones copiando la disposición del veneno que contienen muchos anfibios entre las capas de piel. Algunos sapos lo tienen para evitar ser depredados... Y el anticongelante ayudaría a evitar la congelación del agua que se condensa en las alas de los aviones cuando vuelan a mucha altitud, donde las temperaturas son bajísimas. Maravilloso, ¿no?

La observación y el estudio de la naturaleza nos proporciona buenas ideas para inventar objetos y mecanismos que nos facilitan la vida. Ya lo habéis visto: de una semilla, de la forma de un insecto o de las patas de un pato, por elegir tres ejemplos, ¡hemos extraído ideas muy provechosas!



01

Libélula /
helicóptero

02

Pez cofre /
coche biónico

03

Murciélagos y cetáceos /
sonar

04

Ave rapaz /
avión planeador

05

Ardilla voladora /
traje aéreo

06

Termiteros africanos /
arquitectura biomimética

07

Tiburón /
timón y hojas de sierra

08

Ventosas del brazo del pulpo /
ventosas de plástico

09

Brácteas de las plantas del cardo /
Velcro o cinta adherente

10

Patas del topo /
pala excavadora

11

Árbol y seta /
paraguas

16

Hojas de loto /
tejidos superhidrofóbicos

12

Armadillos y coleópteros /
corazas y armaduras

17

Escarabajo del desierto del Namib /
tejido recolector de agua de niebla

13

Red neuronal /
RNA

18

Formación de pájaros migradores /
formación en V de aviones militares

14

Gecónidos y mejillones /
pegamento quirúrgico

19

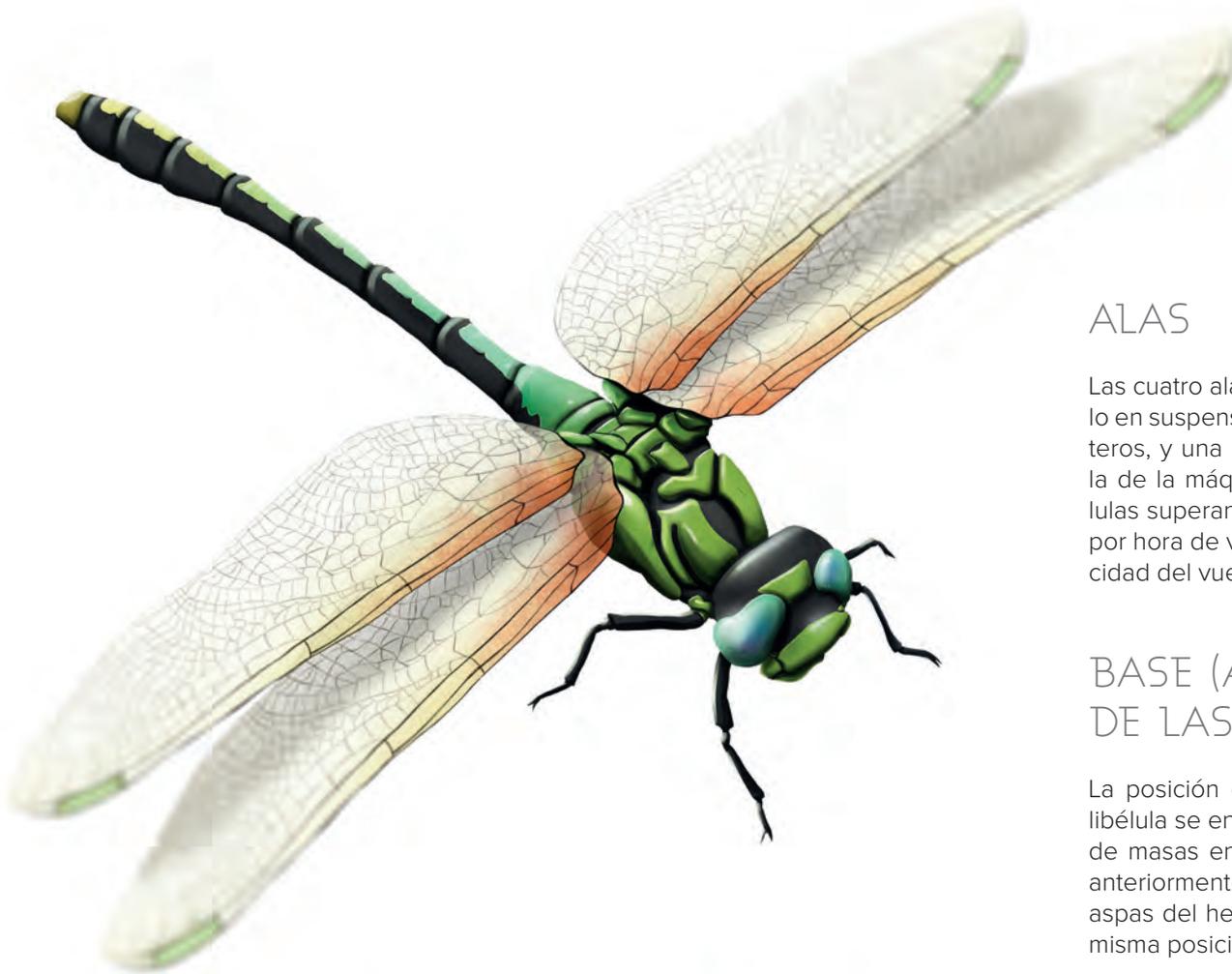
Vuelo de las abejas /
robot a prueba de tornados

15

Martín pescador /
tren bala

20

Animal /
robot

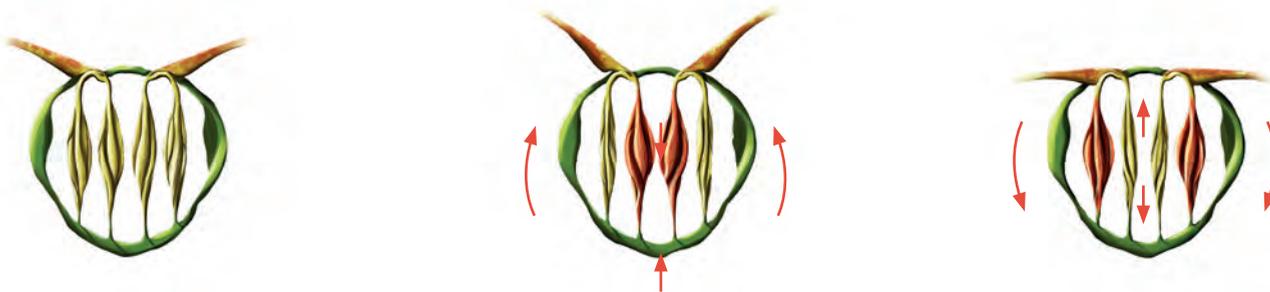


ALAS

Las cuatro alas de la libélula permiten el vuelo en suspensión en el aire, como los helicópteros, y una maniobrabilidad muy superior a la de la máquina. Muchas especies de libélulas superan con facilidad los 50 kilómetros por hora de velocidad punta, aunque la velocidad del vuelo sostenido es inferior.

BASE (ANCLAJE) DE LAS ALAS

La posición del anclaje de las alas de una libélula se encuentra en la zona de equilibrio de masas entre la parte que queda situada anteriormente y la posterior. El rotor de las aspas del helicóptero también se sitúa en la misma posición y tiene el mismo objetivo.



MOVIMIENTO DE LAS ALAS

Bajo el anclaje de las alas de la libélula hay unos músculos que las hacen moverse de manera que cambia su orientación respecto al plano horizontal. Estas variaciones en la posición de las alas permite a las libélulas detenerse casi de golpe, avanzar y retroceder, y otras maniobras que unas alas con anclajes fijos no permiten.

Los movimientos de las alas de las libélulas están controlados por dos tipos de músculos: unos directos, fijados directamente a la base de las alas, y otros indirectos, músculos longitudinales y dorsoventrales del tórax, fijados a sus paredes. Los músculos directos

controlan la inclinación y el ángulo de ataque del ala. Los indirectos controlan un movimiento de ascenso y descenso de las alas por medio de la variación de la convexidad del dorso del insecto.

En los helicópteros, el rotor principal mueve la orientación de las aspas respecto al plano horizontal precisamente también para avanzar y retroceder. Hay un juego de palancas que permite la variación del ángulo del rotor respecto de la vertical para variar el ángulo de ataque de las aspas.

01

LIBÉLULA / HELICÓPTERO



ASPAS

Cuando cae, la semilla de los arces se mueve de la misma manera que una hélice. O quizás deberíamos invertir el orden de la explicación: el movimiento de aspas y hélices es el mismo que el de las semillas de algunos árboles, como los arces o los tejos o tilos. Este movimiento inspiró la construcción de las hélices de aviones y barcos y las aspas de los helicópteros.

OJOS / CABINA

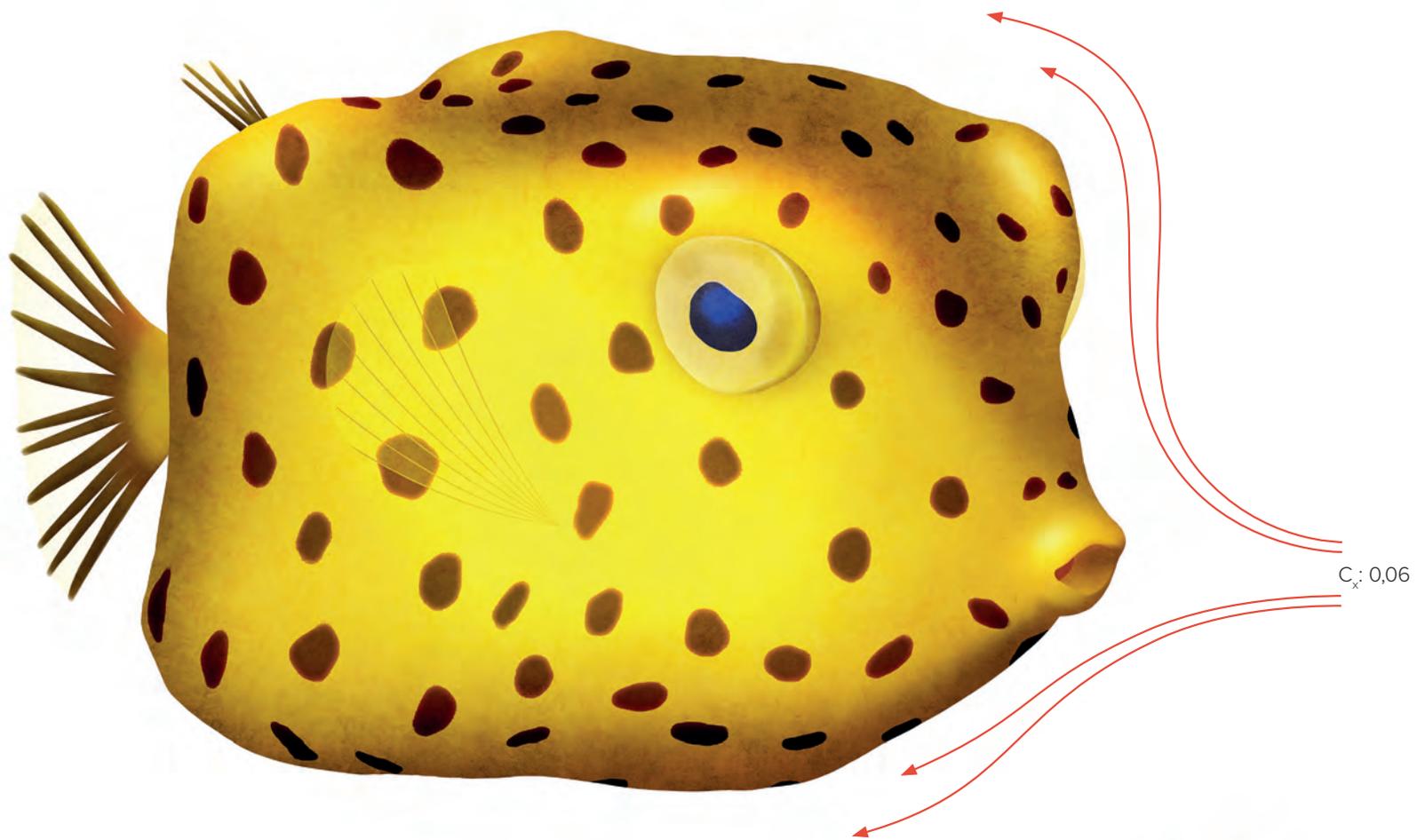
Los ojos de las libélulas permiten un campo de visión de más de 350 grados, casi completa. Los helicópteros tienen una cabina con mucho cristal transparente que permite también un campo de visión de gran amplitud. Puestos a copiar la forma anatómica del insecto, ¡aprovechamos el campo de visión que nos permite su diseño!

SEGUNDO ROTOR (COLA) DEL HELICÓPTERO

El movimiento de las aspas de los helicópteros es totalmente circular (el de las alas de la libélula, no, es ascendente y descendente) y, por tanto, necesita unas aspas perpendiculares a las principales para estabilizar el vuelo y compensar la fuerza de las aspas del rotor principal que harían girar el helicóptero en el mismo sentido de movimiento circular del rotor. Las libélulas no necesitan más que sus cuatro alas...

HELICÓPTERO (JUAN DE LA CIERVA CODORNÍU, AERÓDROMO DE CUATRO VIENTOS, MADRID, 1924)

El parecido entre una libélula y un helicóptero es indiscutible. No es de extrañar que uno de los aparatos voladores más maniobrables que se han inventado esté basado en la observación de estos insectos que ya hace más de 400 millones de años que vuelan por la Tierra.

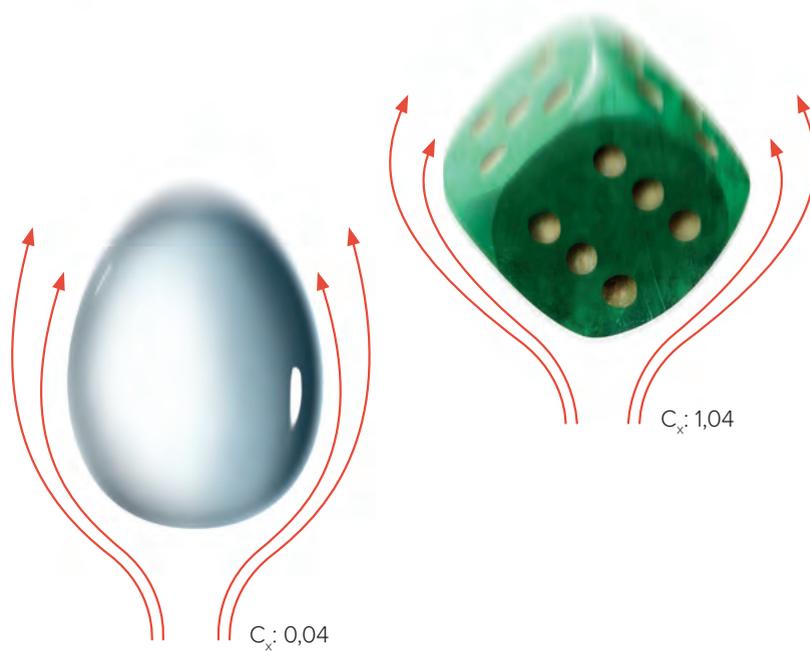


FORMA

El pez cofre tiene una forma que le confiere un muy buen coeficiente aerodinámico (de 0,06) y a su vez es compatible con la forma que se necesita para un vehículo que debe tener una buena capacidad de carga. Existen peces más aerodinámicos, pero de formas menos aprovechables para la construcción de un automóvil.

COEFICIENTE AERODINÁMICO

El coeficiente aerodinámico que tiene una gota de agua es de 0,04. Y el de los peces cofre es de 0,06. Observad estos dibujos comparativos de los diferentes coeficientes.

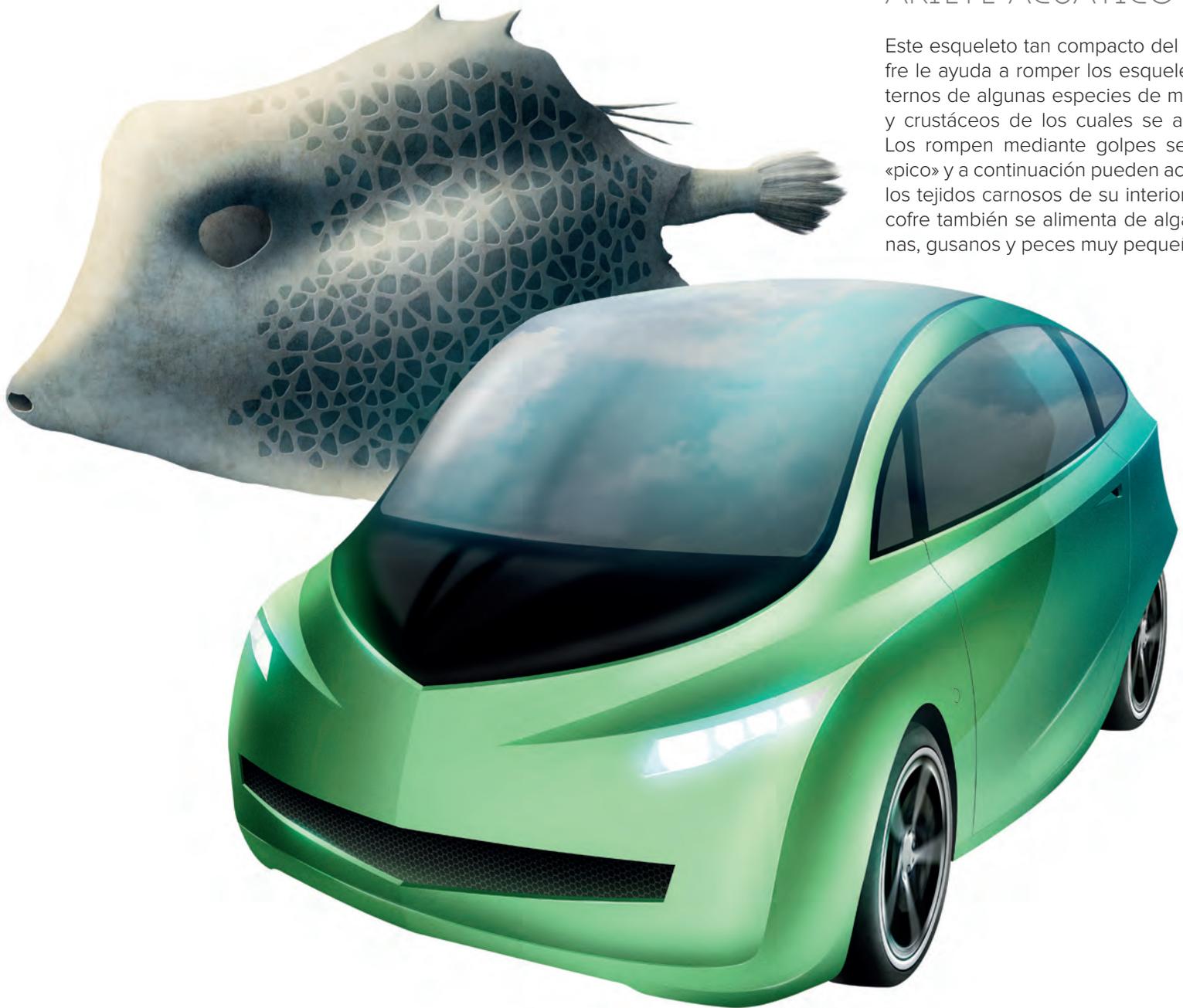


02

PEZ COFRE / COCHE BIÓNICO

ARIETE ACUÁTICO

Este esqueleto tan compacto del pez cofre le ayuda a romper los esqueletos externos de algunas especies de moluscos y crustáceos de los cuales se alimenta. Los rompen mediante golpes secos de «pico» y a continuación pueden acceder a los tejidos carnosos de su interior. El pez cofre también se alimenta de algas marinas, gusanos y peces muy pequeños.



ESQUELETO MUY RESISTENTE

Los peces cofre también tienen una estructura externa muy resistente condicionada por un esqueleto que facilita el diseño del chasis para un coche, que también tiene que ser muy resistente. ¡El esqueleto del pez cofre no tiene nada que ver con el de la típica espina de la gran mayoría de peces!

Un buen chasis debe ser ligero porque el peso final del coche no sea muy elevado, de manera que garantice el máximo aprovechamiento de la potencia y facilite su conducción. Un chasis que imita al esqueleto de los peces cofre aporta estas dos características de ligereza y solidez que hacen a los vehículos biónicos más eficientes que nunca.

COCHE BIOMIMÉTICO (DIFERENTES INGENIEROS, MEDIADOS DEL SIGLO XX)

La biónica está presente en todas partes, como mínimo allí donde llegan las personas. Muchos vehículos que utilizamos se diseñan teniendo en cuenta la biónica. Coches que vemos diariamente responden a un diseño que se ha basado en la forma de animales aerodinámicos, como algunos peces. Ya hace años, la casa Citroën comercializó con mucho éxito el modelo Tiburón. Ahora, otras empresas de fabricación de automóviles también comercializan modelos que tienen formas aerodinámicas parecidas a especies de peces, como por ejemplo los peces cofre (de la familia *Ostraciidae*).

ECOLOCALIZACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS

Los ultrasonidos que emiten los murciélagos, con movimientos de la laringe o de la lengua, según la especie, se amplifican mediante los pliegues nasales, que son muy evidentes en algunas especies. La precisión con que captan e interpretan el retorno de estos sonidos es tan grande que les permite cazar en pleno vuelo pequeñas moscas y mosquitos de pocos milímetros con una facilidad sorprendente.

ECOLOCALIZACIÓN DE LOS CETÁCEOS

El mecanismo de ecolocalización de murciélagos y algunas especies de cetáceos, como orcas, cachalotes, delfines y zífidos, consiste en la emisión de ultrasonidos y en la captación e interpretación de las ondas que retornan al animal después de sufrir la reflexión en los objetos que tiene a su alrededor. De esta manera se hacen una imagen muy clara de los animales y el terreno de su entorno en cada momento y pueden cazar con eficacia.



03

MURCIÉLAGOS Y
CETÁCEOS / SONAR

SONAR

El sonar es un sistema de teledetección, o sea, un sistema que permite detectar objetos y calcular distancias a partir de la emisión y transmisión de ondas de sonido en el medio acuático. El emisor emite ultrasonidos. Si estos ultrasonidos encuentran un objeto que se interpone en su camino, algunos se reflejan y forman una señal que, cuando llega al receptor, es amplificada y visualizada en una pantalla. La técnica de ultrasonidos permite el estudio de los océanos, pero también se utiliza actualmente para hacer diagnósticos médicos mediante la técnica llamada tomografía acústica (que da como resultado lo que conocemos como ecografías).



LOS ULTRASONIDOS

Los ultrasonidos son los sonidos de frecuencias superiores a los 20.000 Hz. El hercio (Hz) es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas. La frecuencia de las ondas es el número de veces que se repite o pasa una onda por unidad de tiempo. Una frecuencia muy elevada indica que en un determinado período de tiempo se emiten muchísimas ondas. Las personas podemos oír sonidos de frecuencias comprendidas entre los 20 y los 20.000 Hz, por eso no podemos captar los ultrasonidos. Los murciélagos y los cetáceos, en cambio, pueden emitir por encima de esta cifra.

LOS INFRASONIDOS

Los infrasonidos son los sonidos de frecuencias inferiores a los 20 Hz. Una frecuencia muy baja corresponde a una emisión de muy pocas ondas en un período de tiempo también determinado. Se sabe que los elefantes los pueden captar, y a través de dos receptores diferentes: las orejas y... las patas (la planta y las uñas de sus patas son muy sensibles a los infrasonidos que se transmiten por el suelo y mediante los cuales también se comunican).

SONAR (LEWIS NIXON, EE. UU., 1906 – PAUL LANGÉVIN, PARÍS, FRANCIA, 1915)

No hace demasiados años que se ha descubierto que muchas especies de cetáceos, como ballenas, orcas y delfines, ponen nombre a sus crías. Inventan un nuevo sonido que será el que identifique al recién nacido. Ha costado mucho descubrir este hecho, entre otros motivos, porque estos animales se comunican a través de ultrasonidos, que no podemos oír sin ayuda de aparatos sensibles a estos sonidos de alta frecuencia.