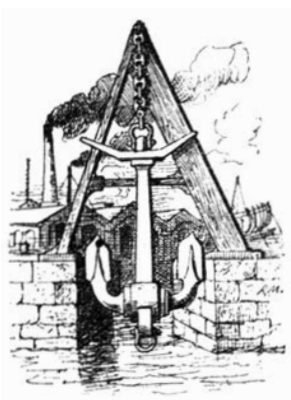
EL RADAR, EL SONAR, EL MORSE Y EL SCOTT NACIERON EN LA MAR

José CURT MARTÍNEZ
Biólogo

(RR)



los grandes inventos siempre les precede una señal, una pista, sin cuya orientación no hubiera sido posible su descubrimiento. Y cuando el planeta Tierra aún era un proyecto, ya existía la mar como pañol de grandes ideas. Aventuremos, pues, que en ese encenderse y apagarse de un calamar apareándose en un apasionado cortejo de luces coloreadas se anticipaba ya el scott e incluso el código internacional de señales; y que en el repertorio de chillidos de los delfines se perfilaba el sonar y en unas hipotéticas descargas electromagnéticas del tiburón martillo se gestaba el radar. Y que en los parloteos de las ballenas ya sonaba armónico el *pizzicato* del morse. Y si seguimos tirando del hilo y buscamos afinidades, ¿quiénes mejor que los mismos tiburones para saber lo que es «navegar en conserva»

Un tiburón ballena navega en conserva auxiliado por una pléyade de peces piloto. (Foto: internet).

protegidos por las pléyades de peces pilotos y rémoras que les acompañan? ¿Y las ventajas de «barajar la costa» navegando a la estima? ¿Es que los atunes, los cardúmenes de sardinas y de anchoas no son maestros en hacer todos juntos este camino al nadar? Pero no piense el lector que tales interrogantes son meras florituras del coronel que suscribe, en absoluto, porque la historia las revalida con puntuales realidades, por ejemplo, y su enumeración sería interminable, el hecho de que el submarino de Robert Fulton (1765-1815), el primer *Nautilus*, botado en 1800 por encargo de Napoleón, se inspiró en ese pulpo con concha homónimo que también se conoce como nautilo. Y que Otto Lilienthal (1848-1896) se basó en el volar planeado de la cigüeña para conseguir elevarse en el primer vuelo sin motor de la historia, precursor de la aviación actual. Y suma y sigue. Y es que en el medio marino, volviendo al hilo que nos conduce al ovillo, todo es una secuencia de causas y efectos y, para empezar, se dio la feliz circunstancia de que la mar ya había nacido orientada porque la brújula desde el primer día del Génesis se empeñó en mirar al Norte; fijaos qué cosas. Y definido ese Norte con tanta terquedad, la Física adquirió su razón de ser. Así de sencillo.

Pero no debemos anticiparnos porque para que esos aparatos y métodos tan señeros en el arte de navegar aguas y surcar cielos fueran posibles, la mar tuvo que guardar un orden y empezar por un principio y, en cuanto apareció la necesidad de que sus criaturas se moviesen de aquí para allá, lo primero que tuvo que inventar fue la mirada, es decir, tuvo que inventar los ojos. ¡Casi nada, inventarse los ojos!, porque es evidente que «para estar quieto-parado no se necesitan las gafas», según reza el conocido proverbio chino. Pero para moverse en condiciones se impone la bilateralidad en los cuerpos, el ser largos y estrechos en contraposición a las formas rechonchas que eran clásicas de las esponjas, corales, bivalvos y demás *pasotas* del bentos. Y una vez crea-

La necesidad de mirar aparece con las criaturas que se mueven. Frente a las sedentarias, con formas rechonchas, se impone la bilateralidad, y en la parte frontal del cuerpo los ojos anticipan el espacio que se va a recorrer. (Foto del autor).

da la bilateralidad como solución hidrodinámica para surcar las aguas minimizando pérdidas de carga, los ojos se sitúan en la parte delantera del cuerpo como faros que anticipan el espacio que se va a recorrer. Y después llegó el oído. Y el resto de los sentidos. Y ellos fueron los pilares básicos con los que se pudo diversificar y manejar la vida; los medios con los que el pulso de lo animado se ponía en contacto con el ambiente. Y así, criatura y entorno por fin se entendieron y fueron uno.

Es que sobre la naturaleza existen interpretaciones para todo y para todos los gustos. Decía Jorge Luis Borges (Buenos Aires, 1899-Ginebra, 1986) que el hombre es un ser muy raro porque tiene dos ojos, dos orejas y una lengua, incurriendo así en el antropocentrismo, ese defecto crónico del ser humano que se cree el ombligo del mundo, y que los conceptos, las sensaciones, las definiciones solo pueden girar en torno a él y que no existe la razón más allá de su propia lógica. Y eso es así «porque te lo digo yo». Pero por encima de la soberbia humana está la naturaleza, con sus leyes rectoras e inmutables. Por eso, antropocentrismo puro y duro es creer también que un animal es perverso porque mata, olvidando que ellos se rigen por unos códigos de conducta que

El pez piedra, con su inmensa boca, mata y devora cuanto animal cae por sus alrededores. Además, todos los años en el Índico se producen muertes humanas y accidentes provocados por su veneno. Pero el juzgarle como un individuo perverso sería un error de un antropocentrismo que se rige por valores morales ajenos a las leyes de la naturaleza. (Foto: internet).

nada tienen que ver con nuestras valoraciones morales. Pues bien, tratando de argumentar, el gran mitólogo argentino precisó que nacimos con dos ojos y con dos orejas con el fin de escuchar y mirar dos veces antes de utilizar nuestra única vía de expresión, que es la lengua. Como veis, una curiosa forma de interpretar el fenómeno físico dando un salto metafísico y, de paso, aprovechar la oportunidad para aportar una moraleja al eje inmaterial sobre el que suele girar el tropo literario. Y al correr del tiempo, el propio Borges, ya ciego y domiciliado para siempre en las tinieblas, defendía: «Es que cierro los ojos, y veo», lo cual no deja de ser una acertada síntesis sobre ese desfile de paisajes familiares, sensaciones y amores pasados que se suceden en nuestra memoria, llenos de vida, cuando en un momento de nostalgia plegamos los párpados en una rendija, ¿verdad? Pero a nosotros estos circunloquios no nos valen. Y en nuestro artículo de hoy lo que vamos a intentar es ver como una anchoa y oír como un besugo. Y dejémonos de lirismos y ambigüedades, por bellos que nos parezcan.

Afortunadamente Borges era ante todo un hombre muy culto, y su lírica, su capacidad de fabulación, su imaginación desbordante, el sentimiento poético que fue inherente a su obra no podían estar reñidos con la contundencia que la Ciencia debe a la verdad. Por eso, en su *Himno al mar*, 1919, pone los puntos sobre las íes al revalidar lo que siempre hemos postulado aquí.

«¡Oh, mar! ¡Oh, mito! ¡Oh, largo lecho!
Ya sé por qué te amo. Sé que somos muy viejos.
Que ambos nos conocemos desde siglos.
Sé que en tus aguas venerandas y rientes ardió la aurora de la Vida.»

Vale, pues aprovechemos y vamos a bucear con Borges en la aurora de la Vida, siguiendo sus palabras. Quedamos antes en que para nadar suspendidos en la ingravidez de las aguas, hay que saber muy bien qué se hace y a dónde se quiere ir, y si no lo tienes claro, despídete porque eres un muerto en potencia. Y es que no se puede vivir dando palos de ciego cuando hay que escoger la comida, aparearse, mantener el tipo, defenderse de un depredador que hay que identificar, atacar, esconderse, que para eso y mucho más sirve la vista, los ojos y sus distintas variantes. Y, por tanto, aquí sí que podemos afirmar que la función hace el órgano o, bajo otro punto de vista, que cualquier avance de la evolución ocurre porque tiene que cubrir una determinada necesidad. ¿Y qué mayor necesidad que la de valerse en el medio que nos rodea y recorremos?

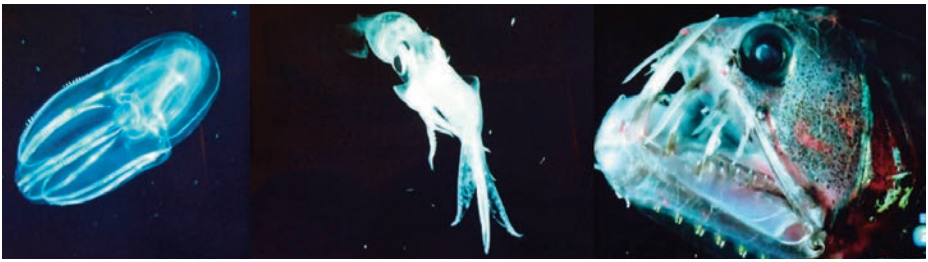
Dijimos que los ojos nacieron en la mar como respuesta al movimiento. Recurramos a algunos ejemplos: los corales, tan quietos ellos de por vida, no necesitan ojos, pero sus hermanas, las medusas, que se desplazan a pulsaciones arrastradas por las corrientes, sí los tienen, aunque solo con un alcance limitado. También sabemos que las estrellas de mar andan lentamente con sus pies ambulacrales con ventosas, y en los extremos de los brazos presentan manchas oculares sensibles a la luz. Pero sus parientes, las ofiuras, que carecen de pies ambulacrales porque avanzan agitando sus brazos con vivos movimientos serpentiformes y son muy rápidas, disfrutan de unos ojos mucho mejor diseñados que los de la estrella. Recordemos también que los bivalvos, almejas y berberechos son el paradigma del sedentarismo, por lo que les

Las estrellas andan lentamente con sus pies ambulacrales, y en la punta de cada brazo presentan manchas oculares sensibles a la luz. En las ofiuras, que avanzan rápidamente a latigazos con sus brazos, las manchas oculares son más complejas. (Foto: cortesía de David Cabanillas).

sobran los ojos. Pero, excepcionalmente, otro bivalvo, la vieira, que se desplaza a bocados en el agua, tiene cientos de inquietantes ojos azules repartidos por los bordes de sus dos valvas.

Y si he logrado convencer al lector de que el sentido de la vista es consecuencia del movimiento, añadamos que lo más lógico es que a más movimiento, a más actividad dinámica de la criatura, necesitará una mayor complejidad y perfección del ojo. Pues bien, el primer antecedente que hubo de un ojo son las manchas pigmentarias, unas células fotorreceptoras que muchos microorganismos, componentes del plancton, emplean para orientarse en las diarias migraciones verticales que efectúan subiendo (y también bajando) desde la llamada zona crepuscular (alrededor de los 200 metros de profundidad) a la fótica superficial, a donde claramente llega la luz solar, donde muchos de ellos aprovechan para efectuar la función clorofílica. Estas manchas pigmentarias, pues, solo necesitan diferenciar lo oscuro de la claridad y es el ojo más elemental que existe. Pero funciona: si veo luz, subo; si veo el panorama negro, me sumerjo. Y no necesitan más. Y cuando estas diminutas criaturas con gafas de sol vuelven a la zona crepuscular, buscando protección contra los depredadores de la superficie, se encuentran con otros que tienen ojos más avanzados porque en esa penumbra hace falta aprovechar los tenues y escasos jirones de claridad que llegan hasta allí, para localizar las presas, cazarlas y comerse a aquellos desgraciados que se las prometían tan felices creyéndose a salvo con coger el ascensor para bajar a esconderse en los sótanos de la mar. Y es allí donde nos encontramos con un pez espada y varios tiburones que poseen ojos del tamaño de una pelota de tenis y con algún calamar con ojos exageradamente grandes cuya estructura nada tiene que envidiar al ojo de los mamíferos terrestres en perfección. Incluso alguno riza el rizo y hasta existe un calamar que tiene sus dos ojos situados en vertical, es decir, un ojo mirando para arriba, para ver qué es lo que cae, y otro mirando para abajo, que no se nos escape ese maná que nos regala la capa superficial y que, de no frenarlo, se despeña hacia los

En la zona crepuscular se encuentran seres con grandes ojos que, en el caso de los calamares, son casi tan perfectos como los del ser humano. La norma aquí es: «a menos luz, ojos más grandes».



Un trío de «iluminados» en la mar de las tinieblas: un ctenóforo, un cefalópodo y el pez víbora, todos ellos con su peculiar sistema de «encendido» y, generalmente, buenos ojos. (Imágenes capturadas en internet).

abismos. Dichosa ley de la gravedad. La norma general aquí será: «a menos luz, ojos más grandes; ojos más sofisticados».

Más abajo y ya en la zona de tinieblas (sin entrar en detalles) nos encontramos con la gran sorpresa de un escenario insospechado, porque más que negrura es un trasunto del cielo estrellado, que parece una verbena con sus farolillos locos o una exhibición de pirotecnia con miles de luces intermitentes, luminarias explosivas, trayectorias erráticas, todas muy llamativas. Allí, la noche parpadeante de Las Vegas no es ni sombra de lo que es el bullicio luminoso de la mar de fondo. Y si, como norma general, aquí abundan las luces será porque también tiene que haber ojos que las miren. Y lo curioso es que, en principio, en una oscuridad ambiental absoluta los ojos no sirven para nada, hecho del que dan fe los animales de las cavernas que carecen de ellos porque no los necesitan ni tampoco los añoran. Es que son ciegos porque apenas vieron el sol en su evolución, ni hubo luz en su genealogía, puesto que nacieron ya hijos de la noche en las cavernas, mientras que, por el contrario, los de la noche marina, todos tienen ojos, entre los que alcanzan una gran perfección los de los peces y cefalópodos abisales. Todo ello nos lleva a suponer que estas criaturas proceden evolutivamente de la superficie marina, de ambientes iluminados y que en su exilio voluntario a las tinieblas submarinas no quisieron rehusar a sus ojos y por eso los conservan. Pero, claro, ¿qué hacemos nosotros cuando pasamos de un lugar iluminado a otro oscuro? Pues encendemos una linterna o chocamos contra las paredes. Lo mismo que hicieron las criaturas de los fondos marinos que, para poder ver, optaron por encenderse ellos mismos porque en las tinieblas de alrededor no se veía un carajo. Son las luminiscencias características de las criaturas abisales, peces con cabezas iluminadas que emplean como señuelo para atraer a sus víctimas; calamares que se encienden y se apagan rítmicamente en el celo, en una orgía de colores luminosos; criaturas en general que no han renunciado a sus ojos porque han sabido organizar un coloquio de luces que les permite comunicarse, aparearse, matar, morir, huir, atacar… a destellos. Y nosotros queremos

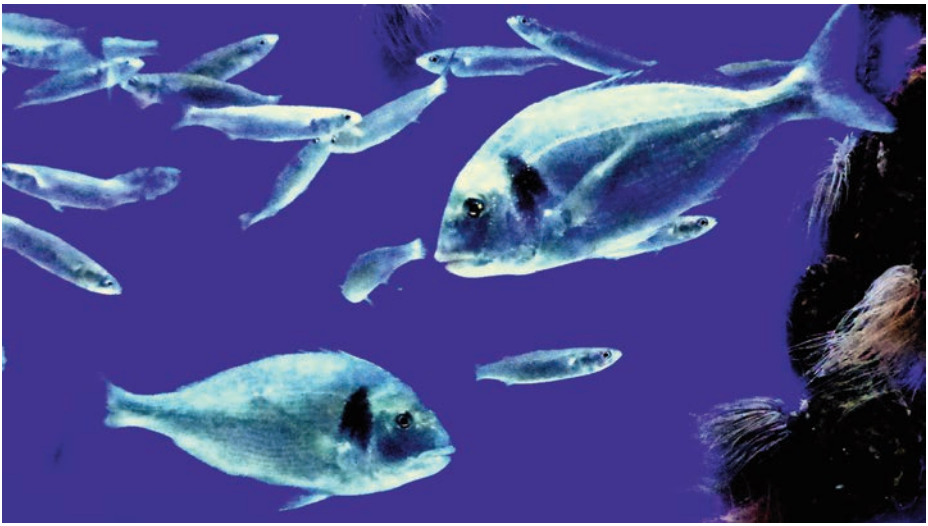
En este mero de la fotografía (del autor) se aprecian claramente las narinas o narices —¿es que en la mar se huele?— y unos ojos de buena hechura, pero no vemos ningún vestigio del oído. Este sentido es general en todos los peces, cuyo oído interno es muy avanzado, cuando la mayoría de ellos son mudos Y, entonces ¿qué es lo que tienen que oír? ¡Vaya, qué cosas!

creer que este código de luces, tan complejo como preciso, pudiera ser el mismo que, en su aplicación a través de la lámpara Aldis, el marino llama alfabeto luminoso de scott. También querríamos creer que esos animales, en su despiadada lucha por la vida, fueron los que acuñaron, desde un principio, esa voz de angustia que es el SOS.

En la mar se ensayaron todo tipo de ojos hasta llegar a los ojos con párpados, pestañas y cejas, que son así porque se diseñaron con parabrisas y escobillas para evitar el polvo de la tierra firme que podía dañarlos. Este ojo terrestre funciona en los lejanos horizontes, pero el ojo marino solo va a actuar en un medio cuya refracción, materias en suspensión y escasez de luz va a exigir las cortas distancias. La mar, pues, en un principio va a ser la patria de los movimientos cortos, de los colores, de las formas, el reino de lo visual y de la proximidad, donde no caben los ruidos porque apenas se oyen y por eso se creía que los peces son mudos y sordos. Respondiendo a esta idea, en el año 1956 se estrenó en los cines españoles, ante un sorprendido público que por vez primera se asomaba a un mundo submarino que hasta entonces permanecía inédito, la película que el comandante Jacques-Yves Costeau tituló con el significativo y excluyente nombre de *El Mundo del Silencio,* de la que, por

cierto, tenéis una copia en *YouTube* y merece la pena que la veáis porque es la prehistoria del cine documental marino, magistralmente tratada.

A pesar del presunto silencio que sugería Costeau, el sonido también se inventó en la mar. Y, en consecuencia, también el sentido que se ocupa de él, el oído, faltaría más. Y eso de que los peces son mudos y sordos tendríamos que someterlo a revisión. Veréis: pescando yo una vez a *liña y miñoca* en Canarias, me entró un pez de San Pedro, *Zeus faber*, y el tío se puso a roncar sonoramente. Pero este y otros pocos afines son la excepción que confirma la regla de que los peces son mudos, lo que choca con la generalización obligada de que todos los peces sí que tienen oído que, obviamente, no lo emplean para comunicarse entre ellos (al menos como nosotros podemos entenderlo), provocando un misterioso proceso cuyos pormenores la ciencia aún no ha podido desentrañar. Lo que pasa es que el órgano-oído no se aprecia en los peces porque, a diferencia del de los mamíferos, rompe moldes, ya que no se ve el oído externo, las orejas, ni existe el oído intermedio, el tímpano, pero sí disponen de un complejo oído interno (que definitivamente es con lo que se oye) muy parecido al nuestro, con tres apéndices colocados perpendicularmente en las tres direcciones del espacio, con lo que el sentido del oído en el reino animal se mezcla y confunde con el del equilibrio. El sistema es tan perfecto que se cree que del modelo-pez están copiados nuestros osículos auditivos: yunque, martillo y estribo. Pero la explicación es incompleta porque en los peces el oído-equilibrio aparece también íntimamente relacionado con la sorprendente *línea lateral,* un enigmático órgano que se ocupa de



En los peces más grandes de la foto del autor se aprecian bastante bien las *líneas laterales,* un sorprendente órgano que intentamos describir en el texto.

detectar el movimiento y las vibraciones del agua circundante, lo que ayuda al pez a orientarse en relación a las corrientes de agua, a evitar colisiones, a huir del depredador y a localizar las presas. Todo ello basado en que cualquier cuerpo en movimiento varía puntual y accidentalmente la presión del agua. Las líneas laterales resaltan bastante bien en muchos peces óseos recorriendo sus costados hasta la base de la cola. Y en ellas hay unos receptores que se llaman *neuromastos,* cuyas células ciliadas son muy parecidas a las que se encuentran en el oído interno del ser humano, demostrando que línea lateral y oído interno comparten un origen común. ¿Y esto qué quiere decir? Pues quiere decir que los peces, además de oír igual que puede hacerlo un señor de San Fernando (Cádiz), poseen un suplemento auditivo en la línea lateral que abre un ancho campo para cualquier especulación científica que podamos extraer de unas criaturas que, como los peces, no hablan pero escuchan aún no sabemos muy bien qué… Un tema apasionante, desde luego. Y que nos acercaría al radar y al sonar de no ser porque contamos en la mar con evidencias más palpables que estas citas indiciarias y que a continuación vamos a tratar.

Para encontrar el esbozo de lo que es el oído, podemos volver a los equinodermos, grupo en el que las holoturias son sus más perezosos miembros semovientes, pero tan lentos que no necesitan ojos. Pero, a cambio, sus tentáculos bucales son órganos táctiles muy ricos en células sensoriales, y los llamados *estatolitos,* unas cavidades que alojan una piedrecilla, la cual, al moverse el individuo, choca contra las paredes orientando al animal en su posición y equilibrio. Para demostrarlo, dichos estatotolitos se han rellenado experimentalmente con limaduras de hierro, y los lentos movimientos de la holoturia

La holoturia, extremadamente lenta, sustituye la vista con sus tentáculos bucales, muy ricos en células sensoriales. También encontramos en estos equinodermos un esbozo de oído, los estatolitos, pergeñados para conservar el equilibrio. (Foto del autor).

obedecen los mandatos de un imán. Los estatolitos también están presentes en cefalópodos y crustáceos. Concluyamos, después de lo dicho hasta aquí, que los peces óseos se comunican con la vista y se oyen con un complejo sistema en el que interactúa un oído demasiado perfecto para que no sepamos cuál es su cometido final y una *línea lateral* que en la escala evolutiva va a perdurar hasta los renacuajos de las ranas, para desaparecer, definitivamente, en sus adultos.

Ahora bien, la mar no es tan silenciosa como se dice. Lo que pasa es que tuvo una larga etapa de sonido larvado, un misterioso silencio trufado de ruidos emitidos en unas longitudes de onda que escapan a los sentidos del hombre y que es previa al regreso a la mar de aquellos animales que evolucionaron en tierra firme. Llegados a este punto conviene que recordemos que en el seno de la mar existen dos tipos de bichos: aquellos que respiran el oxígeno disuelto en las aguas (corales, equinodermos, peces) y los que necesitan subir a superficie para respirar el oxígeno atmosférico (aves marinas, tortugas, cetáceos, focas *and company*). Los primeros son los de casa, los de siempre, las auténticas criaturas marinas de toda la vida, y su evolución culmina en los peces óseos y, en cierto modo, ellos son los indiscutibles protagonistas del «mundo del silencio». Los segundos son aquellos que un día salieron de la mar para hacerse terrestres y millones de años después la echaron de menos y decidieron regresar al hogar familiar tras haberse reencarnado en lo seco, vete a saber si en algo parecido a la vaca que ríe. Y cuando estos hijos pródigos se

En su regreso a la mar, las ballenas, delfines y demás cetáceos, las aves marinas, focas, leones y lobos marinos fueron los que trajeron, de tierra, la algarabía a la mar silenciosa.
(Foto: I. Guzmán cedida por Jon Arrázola, a quien agradecemos la cortesía).

Monumento al ballenero, isla Do Pico, Azores. (Foto: cortesía Arturo Valledor).

asentaron de nuevo en la mar importaron de tierra firme sus ojos, sus costumbres, sus graznidos, sus rugidos y aquel su estilo auditivo de comunicarse entre ellos, en el aire, con su peculiar telegrafía sin hilos, con su especial Morse, incorporándolos a la mar en su carácter de nuevos inquilinos, de «okupas». Estos recién llegados son los que trajeron la algarabía a la mar silenciosa, acompañados de muchas incógnitas aún sin resolver.

Prospectando hace algunos años con el doctor Valledor ballenas, delfines y cachalotes en las islas Azores, oíamos por medio de nuestros hidrófonos de mano un guirigay de voces y de chillidos que parecían robados a las cuerdas de un violín, tal eran su tono y dulzura, que el experto que nos acompañaba situaba en algunos casos a centenares de millas de distancia, pues en la longitud de onda que emiten los cetáceos la trasmisión del sonido es, sencillamente, prodigiosa. No olvidemos que en aquellas longitudes de onda en las que nuestros «evolucionados» oídos son capaces de oír «ese sonido que se oye», el sonido se transmite en el agua a 1.505 m/s, mientras en el aire lo hace a 343 m/s en temperaturas próximas a los 20º, es decir, cinco veces más lento. Y ya no digamos si contemplamos a esos animales, delfines y ballenas, sobre los que las más modernas investigaciones proponen que los gritos que les oímos los humanos en realidad son paréntesis sonoros dentro de una conversación interna que mantienen entre ellos, cuchicheando sus intimidades en un susurro de ondas sonoras que solo ellos oyen, y de vez en cuando «levantan la voz» para

que se entere el personal, no sabemos con qué intenciones. Y solo eso es lo que oímos. De todas formas hoy se sabe que la parte audible de estas conversaciones es tan rica que se han registrado miles de voces, matices y tonos que completan la eufonía de uno de los lenguajes más asombrosos y ricos que existen en el reino animal, después del nuestro. Y por analogía podemos preguntarnos: esta comunicación a base de intermitentes y rítmicos destellos sonoros ¿puede ser considerada como el morse de la fauna marina?

Pero aún hay más al respecto. Cuando los cetáceos pertenecían a la tierra, unos dicen que era un bicho parecido a un pequeño hipopótamo, del tamaño de un lobo, bautizado como *Pakicetus* por corresponder a un fósil encontrado en la región de Pakistán, en lo que entonces sería la costa del primitivo mar de Tetis. Este cetáceo vivió en el Eoceno, hace aproximadamente 50-40 millones de años, y se considera el antepasado común de todos los cetáceos (hasta que no aparezca otro fósil que mande al *Pakicetus* al pañol de excluidos). Y yo no sé muy bien si la historia del sonar pudo comenzar cuando uno más espabilado que sus congéneres, y por tanto merecedor de perpetuarse, oyese sorprendido cómo sus rugidos eran devueltos por el eco al chocar con el paredón de una montaña. Pronto se daría cuenta este tatarabuelo de la ballena azul de que

A la altura de los más recientes hallazgos paleontológicos se cree que el antecesor común de todos los cetáceos fue *Pakicetus*, un animal parecido a un pequeño hipopótamo, del tamaño de un lobo, de acuerdo con un fósil aparecido en Pakistán.
(Foto tomada de internet en *Thinglink.com*).

Habrá reparado el lector en que todos los cetáceos de menor tamaño presentan un marcado abombamiento en la frente que en ciencia se conoce como el melón. Dicho órgano forma parte de un dispositivo de sonar que se ocupa de emitir y recoger ondas sonoras e interpretarlas. (Foto: Arturo Valledor).

el eco sonaba distinto según fuera la textura y forma del repetidor y de la distancia a la que se hallaba y que incluso su voz resonaba de manera peculiar dependiendo de las formas y características de las presas que antes le costaba tanto identificar. Si así fuere, los primitivos «precetáceos» (permitidme que les llame así) habrían descubierto la ecolocación y el sonar pocos millones de años después de los murciélagos, cuyos primeros fósiles se han datado en 55 millones de años. Pero esto plantea una suculenta pregunta: ¿qué fue antes, la ecolocación o el regreso a la mar de los cetáceos?

En realidad se sabe poco sobre este tema y lo importante ahora es que el lector comprenda por qué las ballenas y los delfines en su vuelta a casa llenaron la mar de sonidos nuevos y adoptaron el aspecto fusiforme o de pez que les caracteriza, por convergencia evolutiva y por ser el más hidrodinámico, sin tener que ver nada con los peces. Pero habrá reparado en que todos los cetáceos tienen en común una frente más o menos abombada, llamada en ciencia el melón, que no es otra cosa que un potente y perfecto emisor-receptor de sonidos que a veces maneja longitudes de onda con una frecuencia tan alta que roza el prodigio. Y como desconocemos si el *Pakicetus* contaba con las adecuadas estructuras corporales para aspirar a ejercer como sonar en tierra, y en los actuales cetáceos sí que son patentes, el melón, hay que pensar que el sonar se puso en marcha en la mar, aunque es probable que los cetáceos terminaran de hacerse marinos sabiéndose la lección de antemano o por lo menos sabiendo «de oídas» lo que era el magistral sentido del sonar.

El tema nos atañe muy directamente a nosotros. Los cetáceos son una suerte de sonares vivos que pueden interferir con el manejo de nuestro sonar a bordo en maniobras o ejercicios y causar en las poblaciones cercanas de cetá-

Hasta hace 30 años se pensaba que la enorme cabezota del cachalote («el *pez* de la gran cachola») era un regulador de presión dadas las profundidades enormes a las que bucea este cetáceo. Hoy se sabe que se trata de un prodigioso melón que hace oficio de sonar. (Foto: internet).

ceos serios perjuicios, e incluso la muerte de numerosos individuos, como ocurrió con varios zifios en el año 2002, poco después del inicio de unas maniobras militares en las que participó la Armada española en aguas próximas a las islas Canarias, lo que provocó una encendida respuesta mediática apoyada por grupos conservacionistas cada vez más activos y dignos de ser escuchados.

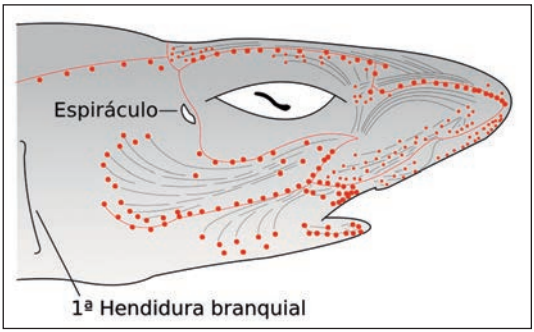
Se manejan varias hipótesis que tratan de explicar la muerte de cetáceos varados en fechas próximas a maniobras navales militares. Se ha propuesto que el sonar militar de alta potencia infunde pánico en las ballenas, lo que las impulsa a buscar refugio a unas profundidades poco habituales para sus especies, forzándolas a emerger para respirar tan rápidamente como para sufrir de *bends* o de mal de descompresión. En el año 2000 la Marina de Estados Unidos aceptó su responsabilidad sobre el encallamiento de 17 ballenas, de las que siete resultaron muertas. La autopsia diagnosticó hemorragias en los oídos producidas por ondas sonoras no habituales. En todo caso, parece ser, los cetáceos afectados por interferencias acústicas ajenas acaban desorientados y terminan varados en la costa o muertos en alta mar.

En el límite de lo portentoso está el cachalote (nombre que, por cierto, proviene de los balleneros gallegos y vascos, «los *peces* de la cachola», por si no lo sabíais), que hasta hace 20 años se creía que su enorme cabezota, llena de aceite, actuaba como regulador de presión al poder bucear a más de 1.000 m de profundidad. Sin embargo, hoy se sabe que el melón del cachalote es el más prodigioso e inexplicable sonar que la tecnología humana no solo es incapaz de imitar, sino de desvelar sus secretos más íntimos y sorprendentes.

Pero, y el radar ¿es también hijo de la mar? Pues como no era menos de esperar, el coronel que suscribe va a responder con un categórico «afirmati-

vo», aunque con este nuevo ingenio confiese que está un poco despistado, porque de dicho aparato solo encuentra en la mar su parte receptora y le falta la otra mitad, la emisora. Pero, desde luego, no nos vamos a arrugar por tan pequeño detalle y demos avante toda con este lío del radar.

Para ello tenemos que dar un salto atrás para situarnos en el período Ordovícico hace 400 millones de años. Y contemplemos la gran novedad que acaba de aparecer en la vida del mar de Tetis. Se trata de la presentación en sociedad de los Condrictios, vulgarmente llamados peces cartilaginosos, que comprenden a los tiburones o seláceos y a las mantas y rayas —elasmobranquios en ciencia, por su forma plana—, que son mucho más antiguos que ciertos peces óseos u osteíctios, hoy tipo merluzas, arenques, salmonetes… y que mientras los condrictios se enseñoreaban en la mar, los osteíctios vivían su peculiar evolución en el agua dulce y volvieron a la mar poco antes de que regresasen a ella los cetáceos (ojo, que expongo lo dicho con todas las reservas que aconseja la prudencia académica). Por ello, condrictios y osteíctios son dos grupos de animales totalmente distintos, tanto que solo tienen en común la forma pisciforme, tal como la adoptaron las ballenas, las focas, los delfines, y nadie confunde una foca con una sardina. Por lo que, para situar a cada cual en su sitio, podríamos decir, gráficamente, que entre un tiburón y una sardina existe la misma diferencia que entre una jirafa y una perdiz. Y que nadie se escandalice, sino que acepte que estos «peces» (hago bien en entrecomillarlo) en algo se tienen que diferenciar y en algo parecerse. Pues bien, los parecidos entre tiburones y sardinas son que ambos comparten las rarezas borgianas de tener narices, oídos, ojos y, a efectos nuestros, lo más importante, la línea lateral, ese prodigioso y poco estudiado órgano de equilibrio compartido con el oído y la vista, sobre el que también se admite que incluye electrorreceptores. El olfato tampoco es ajeno al fenómeno. Como veis, un conjunto de órganos suficientemente complejos en sus relaciones como para tomarse con calma su funcionamiento.



En los tiburones aparecen las ampollas de Lorenzini, que forman una red de canales con una extraordinaria capacidad receptora de ondas electromagnéticas en conexión con la línea lateral, pero su íntimo funcionamiento aún no está del todo explicado. (Foto: *www.wikimedia.org)*.

Pero sigamos con lo nuestro. Los condrictios son unos animales que tienen unas características que les hace únicos y extraordinarios en la escala zoológica. Un tiburón es capaz de detectar, mediante sus lóbulos olfativos telencefálicos, una gota de sangre a la distancia de una milla náutica. Y resulta que en los tiburones,

además de los órganos más o menos normales y de los sentidos más o menos complicados y compartidos con osteíctios y otras criaturas se encuentran, prácticamente con carácter de exclusividad, las llamadas ampollas de Lorenzini, que forman el órgano quizá menos explicado y más controvertido de cuantos existen en la naturaleza. Estas forman una red de canales que detectan campos electromagnéticos, gradientes de temperaturas e incluso cambios en la salinidad. Sabido es que cualquier movimiento muscular (incluso los nuestros, claro) se completa con un impulso eléctrico, y por eso las presas serían eficazmente detectadas por el tiburón en cuanto se pusiesen en movimiento. El umbral de sensibilidad de algunos condrictios se ha calculado en cinco milmillonésimas de voltio por centímetro de canales con ampollas de Lorenzini, una referencia tan asombrosa de digerir como pueden ser las distancias astronómicas. Por otra parte, estas ampollas funcionan en el mismo orden de magnitud que el campo magnético de la Tierra. ¿Y cómo podemos resumir tanto prodigio? Pues, faltándonos alguna pieza para completar nuestro puzle del radar, aventuraremos que los tiburones son extraordinarios receptores de ondas elec-

La cabeza en T del pez martillo presenta ojo y nariz en cada extremo y está densamente recorrida por ampollas de Lorenzini, pero no hay ningún trabajo definitivo que explique el porqué de tan extraña forma y el uso que este peculiar condrictio puede hacer de su cabeza. (Foto: internet).

tromagnéticas, pero que, paradójicamente, no son emisores de las mismas, con lo que a nuestro deseado y perseguido radar, aparato compuesto por emisor y antena receptora, le faltaría media parte. De ahí nuestras dudas.

Pero no nos vamos a rendir porque hayamos largado el trapo en calma chicha, y a ver quién me explica a mí qué pinta en la mar un pez martillo, ese extraño, portentoso y daliniano seláceo en cuyos dos extremos de su cabeza en T aparecen ojos y nariz, más ese órgano difuso en su cuerpo que es el conjunto de la línea lateral trabajando al alimón con el oído e incluso con el olfato para localizar sus presas ; y a ver quién me dice por qué la ciencia aún no sabe explicar para qué sirve la curiosa «montera», repleta de ampollas de Lorenzini, con la que el pez martillo cubre su cabeza. Y a ver si, al igual que hace pocos años la ciencia no tenía nada claro para qué servía el melón del cachalote, un día se nos destapa porfiando que en la mar tiene que existir una criatura bivalente que sea capaz de emitir ondas electromagnéticas y también de recibirlas e interpretar su eco. Una criatura, pues, muy antigua, que bien podría ser el radar, que desde la noche de los tiempos de la mar nos manda señales que aún la ciencia no ha sido capaz de detectar. Ni el coronel que suscribe tampoco.