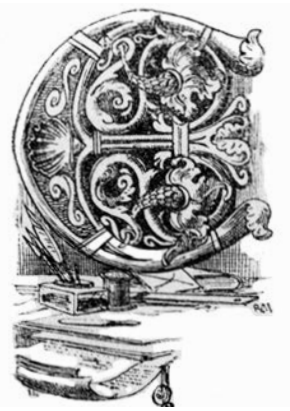
HOY PRESENTAMOS EN SOCIEDAD A LOS CANGREJOS MARINOS

José CURT MARTÍNEZ
Biólogo

(RR)



EL pasado bimestre navegamos en la rama evolutiva de los *deuterostomados,* en cuyo desarrollo embrionario se forma primero el ano y más tarde la boca. Esta rama concluyó en la mar con la consecución del esqueleto óseo, vivo e interno, que estrenaron los peces y que después proyectaron en los demás vertebrados que poblaron la Tierra siguiendo la línea evolutiva en este orden: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, y dentro de estos últimos, los representantes y «representantas» del género humano.

En esta rama citábamos a los equinodermos (estrellas, erizos de mar *and company*) y a algunos cordados, tales como las ascidias o el anfioxo, en calidad de precursores del esqueleto. Estas criaturas nos retrotraían a nuestro

En la línea de los deuterostomados, habíamos estudiado el filo de los equinodermos (en la foto de Arturo Valledor, estrellas de la costa de Bali) y el filo de los cordados con tres subfilos: ascidias, anfioxo y vertebrados con cinco clases: peces (en la foto del autor, unas morenas), anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

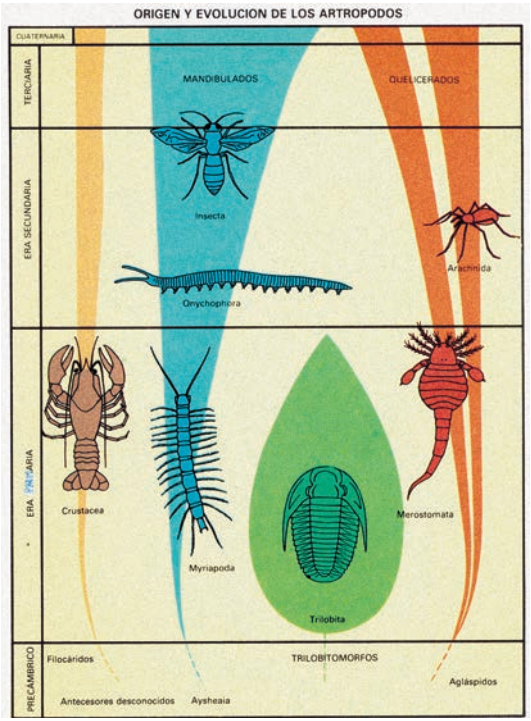
más humilde pasado, ya que son tan elementales que nos costaba comprender cómo de unas estructuras con tan pocos engranajes internos se podían derivar maquinarias biológicas tan complejas como pueden ser las de un leopardo o la del delantero centro del Betis, por citar algunos ejemplos. Pero sí, parece ser que aquellos bichos tan simplones eran nuestros archipámpanos, a pesar de que su plan corporal se nos antojase mucho más primitivo que el de una libélula, y ya no digamos que el de una nécora o el de un bogavante, bichos que hoy vamos a estudiar cambiando de tercio, es decir, centrándonos en la otra vía evolutiva que la ciencia contempla, la de los *protostomados,* que reúne a aquellos animales cuya boca aparece antes que el ano en su desarrollo embrional y a los que tantas páginas de *Rumbo a la vida marina* dedicamos al hablar de los moluscos y de los gusanos marinos. Pero nos faltaba completarla con el filo de los *artrópodos* (del griego *arthron* = articulación, y *podo* = pie: «los

En la rama de los protostomados, habíamos tocado varios filos, como el de los moluscos (caracolas, pulpos...) y el de los anélidos (gusanos anillados), los cuales completamos ahora con el de los artrópodos, que incluye varias clases: insectos, arañas, escorpiones y la muy variada clase de los crustáceos, dentro de la cual se engloban muchos órdenes, aunque hoy solo tocaremos el de los decápodos (formas de gamba y de centollo). (Fotos del autor).

animales de las patas articuladas»), que es el más numeroso del reino animal, con un millón de especies registradas y, probablemente, más de otro medio aún sin describir.

El filo de los artrópodos, un tanto heterogéneo, incluye a animales tan populares como las arañas, escorpiones, garrapatas, ácaros, ciempiés, insectos y crustáceos (cangrejos, cigalas, percebes y similares). De todos los citados solo los crustáceos y algún pariente de los escorpiones, como el cangrejo cacerola, mantienen actualmente representación marina, y el resto de ellos terminaron asentándose en tierra, aunque sus antecedentes entroncan con un rico y variado registro fósil marino cuyos primeros hallazgos se remontan al Precámbico, un período geológico en el que se dataron los primeros trilobites (unos crustáceos hoy extinguidos) en el seno de las aguas marinas hace la friolera de 685 millones de años. Y es que en el fondo, como ya sabéis, lo de siempre: la mar fecunda y madraza, origen y principio de toda vida…

Hagamos un poco de genealogía para ir centrándonos en por qué son tan diferentes entre sí los artrópodos actuales. y es que parece ser que no hubo un solo antecesor del que derivase este grupo tan variopinto, sino varios, en concreto tres, que iniciaron sendas líneas evolutivas que, finalmente, confluyeron en una, la de los artrópodos. La primera de ellas parte de un fósil marino del Precámbrico (más de 600 millones de años nos contemplan), bautizado como *aysheaia,* y que daría origen a un grupo de animales con mandíbulas adaptados para morder que, al correr de los millones de años, se convertirían en los actuales ciempiés y



La Era Primaria o Paleozoica comienza hace 541 millones de años (m. a.) y dura 390 m. a. En el recuadro correspondiente a dicha era, reservaríamos en su parte alta o final una franja de 40 m. a. para el período Pérmico, y debajo de ella otra de 70 m. a. para el Carbonífero, quedando así situados en el presente gráfico los dos períodos que tratamos en el texto. (Fuente: Sequeiros, L., 1989. *Atlas de los fósiles*. Ediciones Jover).

en el gran grupo de los insectos. Un segundo antecesor, coetáneo del anterior, permanece desconocido hasta hoy o, por lo menos, está muy discutido, y de él derivarían las langostas, langostinos, gambas y similares. Y, por último, el *agláspido*, marino también, con quelíceros e igualmente del Precámbrico, sería el origen de los actuales cangrejos, escorpiones, arañas y ácaros. Y los citados trilobites, que no encajan en ninguna de estas tres vías evolutivas, son artrópodos que hicieron la guerra por su cuenta y permanecieron en la mar hasta su total extinción hace 300 millones de años.

El anterior mapa evolutivo tripartito nos permite poner a cada artrópodo en su sitio y especular con orientativas relaciones familiares aunque, por convenir a nuestro discurso, nosotros vamos a puntualizar que, dentro de los artrópodos, los crustáceos «tipo gamba» (comprimidos lateralmente) son más antiguos que los cangrejos tipo «nécora» (aplastados transversalmente), y que estos, a su vez, lo son más que los insectos. Y nada tiene que ver que todos ellos partan de antecesores precámbricos porque las tres vías evolutivas que se iniciaron necesitaron mucho tiempo, millones de años de adaptaciones y transformaciones hasta llegar a manifestarse tal como nosotros los identificamos hoy. Y lo hicieron en el período Carbonífero, conocido también como el de «los pantanos boscosos», que fue precisamente cuando, hace casi 400 millones de años, coincidiendo con la extinción de los trilobites, aparecen algunos cangrejos que, deseosos de emanciparse del medio marino, ya salen a

Se cree que un gusano marino anillado (*Anélidos*) pudo ser el precursor de los artrópodos o, por lo menos, que estos tuvieron con aquel un antecesor común. (Foto del autor).

lo seco en las bajamares o incluso pululan por los árboles con la clara intención de conquistar la tierra. Los primeros insectos aparecen después, a finales del Carbonífero.

Y escarbando en estas líneas evolutivas, sabemos que todos los artrópodos provienen de los gusanos marinos, que serían otro eslabón más dentro de la cadena evolutiva de los protostomados, en la que actuarían como sus antecesores más próximos. Los gusanos, pertenecientes al filo de los *Anélidos* —los bichos anillados (miñocas y lombrices de tierra)—, inventaron aquello del cuerpo distribuido en una sucesión arrosariada de anillos o segmentos, con parecida organización a la del tren AVE, compuesta por la sucesión de varios vagones idénticos. Además, los anillos que vemos en monótona repetición corporal en los anélidos se corresponden en su interior con la repetición de compartimentos en los que, en cada uno de ellos, se incluyen los mismos órganos y sistemas. Y sin que entremos en balances puntillosos, podemos enumerar que en cada anillo se repite el sistema excretor, se repiten los ganglios nerviosos y un par de patas y órganos sensoriales, aunque el sistema digestivo sea único y su funcionamiento adquiera un carácter —llamémosle— «federal». ¿Y qué ventajas tiene esta compartimentación en teoría un tanto pródiga y absurda? Pues son varias: una de ellas, la gran capacidad de regeneración, puesto que, teóricamente, de varios cachitos de gusano podríamos obtener igual número de bichos enteros. Pero lo que sí que es totalmente innovador es que el cuerpo hueco y segmentado del anélido actúa como una bomba hidráulica que permite al gusano nadar, andar, correr y excavar con movimientos ondulatorios muy elaborados y efectivos a base de trasvasar líquidos de unos segmentos a otros con diversas presiones. El gusano, pues, funciona como la manguera contraincendios que se revira y enrosca, estira y encoge cuando el Trozo de Seguridad Interior del barco le mete agua a presión para apagar un incendio.

Pero la organización corporal del gusano presenta también grandes problemas, aparte del aparente despilfarro de órganos repetidos: el más inquietante es su extremada blandura, que le convierte en codiciada presa fácil para todos los depredadores. Y dada esta pejiguera, el lector comprenderá que tarde o temprano la naturaleza tenía que conjurar este peligro endureciendo a los frágiles gusanos marinos, pero ¿cómo? Pues muy sencillo: forrándolos con una armadura protectora. Y aquí es donde aparecen los artrópodos, o sea, los insectos, escorpiones, cangrejos, gambas y parentela, cuya característica común es que han acorazado su cuerpo con un caparazón externo de quitina, que en el caso de los artrópodos marinos (crustáceos) a veces se refuerza con retoques calcáreos (fotos página siguiente).

Tal caparazón o exoesqueleto termina siendo materia inerte, muerta, y su carácter de exterioridad genera un inoportuno problema, y es que, al igual que nosotros tenemos que cambiar de traje cuando crecemos o engordamos porque no cabemos en su interior, los artrópodos también deben cambiar periódica-

Podríamos decir (si nadie nos regaña) que un artrópodo es un gusano que ha reducido sus anillos y acorazado su cuerpo con un duro esqueleto externo. Obsérvese el enorme parecido entre un cangrejo araña de la ría de Foz (a la izquierda, foto de José María Arrázola) y una araña terrestre de sierra Tejeda, en el sudeste andaluz (foto de Ilde Westendorp). Agradecemos la cortesía a ambos fotógrafos y amigos.

mente su exoesqueleto por uno de talla mayor en un proceso que se llama *muda* o *ecdisis*, que se define como el recurso fisiológico mediante el cual algunos organismos son capaces de segregar una nueva «piel». Los artrópodos, pues, crecen en etapas, a trompicones, y limitan su crecimiento al número de mudas que les permite la duración de sus vidas, cortas en general. Por el contrario, el esqueleto interno y vivo de los vertebrados (recordad, situados en la otra vía, la de los deuteróstomos) sigue creciendo paulatinamente a medida en que lo hace el individuo, y por eso su tamaño corporal puede llegar a alcanzar las dimensiones más llamativas de la zoología, con los 30 metros de eslora de la longeva ballena azul y sus 90 toneladas de arqueo bruto.

La coraza de los artrópodos o esqueleto externo se complementa con unas duras patas técnicamente muy bien diseñadas, al disponer de bisagras más blandas que permiten articularlas para ser empleadas en diversas funciones y que dan nombre al grupo. Con ellas los artrópodos se constituyeron en los protostomados marinos mejor preparados para desembarcar en tierra, pero para lograr su colonización tuvieron que modernizarse subsanando ciertos problemas de fabricación que limitaban a los gusanos. Se imponía, pues, reducir su excesivo número de anillos agrupándolos en unos pocos conjuntos que aunasen funciones comunes y que se llaman *tagmas,* y el proceso de reunificación *tagmatización*, el cual comienza con los crustáceos (del latín *crusta* = costra, 67.000 especies), sean tipo gambas o tipo nécoras. Veréis: coged el langostino que os estáis zampando y lo abrís como es habitual, en dos partes, que son los dos tagmas de los que se compone. La parte anterior, la que se chupa, es un tagma que funde varios anillos del gusano y que ahora incluye la cabeza y el tórax del langostino y que por conjunción se llama cefalotórax, donde se asientan los sentidos y cinco pares de patas andadoras, de las que un

En la langosta de la foto del autor se observan muy bien los dos tagmas: el cefalotórax, con sus cinco pares de patas andadoras (un par son las quelas), y el abdomen, claramente anillado, donde vemos pleópodos o falsas patas y, a su final, el pseudoanillo llamado telson.

par también ejerce de tenazas o de pinzas prensoras, las llamadas quelas. Está claro, ¿verdad? De aquí que estos crustáceos se clasifiquen en el subfilo de los *decápodos* (los de las 10 patas). Y la otra parte restante del langostino, que vulgarmente conocemos como la «cola», que pelamos y de la que nos comemos con deleite su paquete muscular, no es otra cosa que el tagma llamado abdomen o pleon, con el que las langostas, cigalas y otros bichos de tapeo nadan a toda velocidad, saliendo disparados hacia atrás cuando lo despliegan súbitamente. Y por último, nos queda un pseudoanillo final del abdomen que consiste en ese abanico caudal de cinco piezas que, ahora sí, es como una cola y que utilizan gambas, camarones y afines nadadores como timón de profundidad. Se llama el telson. Pero aquí se nos plantea un problema, y bien gordo, y es que con esos dos únicos tagmas los crustáceos no pueden doblar el cuello, y esto, en tierra firme, donde el peligro acecha por todas partes, supondría vivir en capilla y con la sentencia de muerte firmada. Problema que los insectos resolvieron añadiendo un tagma más, o sea, estructurando su cuerpo con tres tagmas: cabeza, tórax y abdomen. Luego hablamos de este feliz acontecimiento y de sus efectos, que nos liamos si nos anticipamos.

A la izquierda, anverso de una nécora, donde observamos las quelas siempre en posición de ataque y el último par de patas ensanchado en forma de remo, que indica que se trata de un decápodo nadador. Aquí únicamente vemos el tagma cefalotórax. A la derecha, reverso, donde aparece replegado el tagma abdomen, muy ancho, lo que indica que se trata de una hembra. (Fotos gentileza de José María Arrázola).

El subfilo de los decápodos engloba los crustáceos que tienen forma de gamba y los que la tienen de centollo. Todos ellos cuentan con 10 patas, solo que el cefalotórax de una nécora —la ponemos como modelo— semeja ser un caparazón único que, a ojo, cubre todo su cuerpo; y es porque el cangrejo lleva el tagma abdomen replegado y «escondido» en la parte inferoposterior de su cuerpo; duda que no aparece en gambas y camarones, cuyos dos tagmas son claramente identificables. Pero en ambos casos el abdomen cumple la función —entre otras— de transportar la puesta de huevos, tanto en los de tipo camarón como en los de formato cangrejo. Y por eso podemos distinguir tan fácilmente el sexo de las nécoras, aunque en ese momento no lleven consigo la puesta de huevos: les damos la vuelta y si el tagma abdomen que vemos es un triángulo grande, casi equilátero, es hembra, y si es más estrecho, como isósceles, macho.

Y dado el carácter acuático predominante en la mayoría de los crustáceos, «todos ellos» respiran por branquias que, como ya conocéis, son los aparatos concebidos para aprovechar el oxígeno disuelto en las aguas, al contrario que los pulmones, que están diseñados para respirar el oxígeno atmosférico. Hemos dicho todos ellos, incluidos aquellos que podemos encontrar en cantidades multitudinarias en las sierras cubanas, viviendo a muchos kilómetros de la costa caribeña, a donde no llega el olor salado de la mar ni por asomo (es un decir). O el cangrejo de los cocoteros, un gigantesco decápodo que abunda en Madagascar y en otras costas del Índico y que puede alcanzar un peso de hasta 13 kilos y que trepa por los troncos de las palmeras en demanda de los cocos que constituyen su alimento (foto página siguiente). ¿Y eso qué quiere decir? ¿Que los cangrejos terrestres pueden respirar el oxígeno atmosférico con las branquias? Pues mirad: yo os contestaría que sí y que no, pero mejor que tengamos calma, que en biología todo tiene una explicación coherente y pronto llegará. Y mientras llega, sigamos avante.

El cangrejo de los cocoteros, *Birgus latro,* puede llegar a pesar 13 kilos y vive en lo seco. ¿Podemos decir que respira el oxígeno atmosférico con sus branquias concebidas para respirar en el agua? Pues ahí va una contestación salomónica: sí y no. (Foto: internet).

Entonces los crustáceos, esos bichos tan locos, tan abundantes, ¿qué son? ¿Cómo es posible que igual podemos encontrarlos en las inmediaciones de las fuentes hidrotermales submarinas, donde las agua hierven y en las que se han contrastado cangrejos viviendo a 80 grados de temperatura, y también estén en las grandes, medianas y someras profundidades, así como en los espacios intermareales compartiendo lo seco y el agua e igualmente relativamente lejos de la mar como acabamos de decir? ¿Y cómo es posible que para verlos tengamos que recurrir la mayor parte de las veces al microscopio cuando el cangrejo de Kamchatka llega a los dos metros de envergadura y es el invertebrado de mayor tamaño que existe, al igual que el de los cocoteros es el más pesado del mundo? ¿Y en qué cabeza cabe que los percebes y los balanos también sean crustáceos, o sea, que un percebe venga a ser algo así como una nécora con mitra por sombrero, anclada en la silla curul de la roca, mecida al vaivén del espumeante oleaje? Es que —convengamos— entre la figura del bogavante y la del centollo hay sitio para que quepan todas las extravagancias posibles. Y encima los crustáceos son de todos los colores y formas.

Pero permitidme que divague un poco, que afloje el corsé de la férrea exactitud científica y que emplee la metáfora y la prosopopeya con una indirecta intención didáctica. Es que para mí los cangrejos son los únicos animales que tienen el valor reconocido en la hoja de servicios y suficiente músculo para doblarle el pulso a la dureza del medio ambiente y, ¿por qué no decirlo?, ese tanto de osadía que de siempre ha nutrido las mejores páginas de la épica

Aunque parezca increíble, estos balanos, eternamente pegados a la roca intermareal, son tan crustáceos como un centollo, aunque obviamente no se pueden clasificar en el orden de los decápodos, sino en el de los cirrípedos, junto con los percebes, que son otros cangrejos modificados para enfrentarse a las embestidas de las rompientes. (Foto del autor).

literaria. Vamos, que un león al lado de un centollo... una monjita de la Caridad, sin bromas. Porque ya se sabe que en la naturaleza reina la norma general de que cuanto más lejos se esté del hombre o de cualquier otro peligro, mejor. Y el cangrejo (no hablamos de las gambas y similares) es uno de los pocos seres que no conoce el miedo ni lo que es la huida. Siempre que me he cruzado en tierra con alguno de ellos e incluso buceando, he comprobado que, en lugar de esconderse, se han plantado delante de mí, desafiantes, para a continuación erguirse sobre las cuatro patas traseras, con lo que, teóricamente, aumentan su tamaño y en un instante han presentado amenazantes las dos quelas con la tenazas abiertas y preparadas para el combate. O sea que, en lugar de amilanarse, se han puesto en jarras y han gritado: ¡aquí estoy yo! Además, este *display* de advertencia está tan arraigado en la conducta de estos acorazados guerreros que en Cuba, en la época de las migraciones multitudinarias de los cangrejos terrestres desde la selva a la mar, les he visto, al cruzar las carreteras, enfrentándose a los camiones que circulaban por ellas y que

Jamás he visto un cangrejo que huya. Antes bien, he observado que ante cualquier atacante, por enorme que sea, el valiente crustáceo se yergue, presenta abiertas y amenazadoras las quelas y se apresta al desigual combate. El autor consiguió esta foto en las Ciénagas de Zapata, en Cuba.

segundos después irremediablemente les iban a arrollar. Con ello queda claro que estos bichos, como el general Cúster del Séptimo de Caballería, saben morir con la chulería puesta. Y es posible que este temperamento, que habla a las claras de una disposición genética irrepetible en zoología, permita que los crustáceos, dentro de los artrópodos, sean uno de los grupos más florecientes del reino animal, aunque veremos que con limitaciones.

Y bien, ¿qué conclusiones podemos sacar de la originalidad de los crustáceos, de su cosmopolitismo, de su variabilidad, de su valentía, de su capacidad de adaptación para vivir aquí y allá, en tierra (que no en lo seco) y en la fosa marina, en el río o en las selvas tropicales? Pues la primera es que parece, a todas luces, que a estos bichos les ha ido bastante bien en la evolución, y que por eso son un grupo próspero y combativo, un grupo inquieto al que la mar se les ha ido quedando pequeña y que por eso mandó una avanzadilla de cangrejos exploradores a tierra con la misión de estudiar si era factible colonizar lo seco mientras el grueso de la fuerza se mantenía acuartelada en la mar en espera de examinar los pertinentes informes. Pero para este tipo de proyectos, rayanos en la gesta, hace falta contar con un buen armamento, y las branquias de los crustáceos, concebidas para el agua, en tierra son impedimenta anticuada, cosa de gusanos trasnochados y de pulpos carcas, un sistema respi-

Las branquias de los crustáceos, concebidas como en el caso de los peces para respirar el oxígeno disuelto en las aguas, en tierra se convierten en impedimenta trasnochada, un sistema respiratorio demodé más propio de almejas achacosas y de salmonetes carcas. (Foto gentileza de José Navarro, *https://marmenorenclave.blogspot.com)*.

ratorio demodé que les sitúa en inferioridad de condiciones respecto a las tráqueas de los insectos, y ya no digamos con los pulmones de los vertebrados, que son el verdadero salvoconducto para respirar el aire atmosférico sin problemas ni fronteras.

Entonces, ¿cómo pudieron los cangrejos respirar en tierra? Pues la cosa no parece fácil. Lo único que podían hacer era adaptar sus branquias para seguir respirando el oxígeno disuelto en el agua atmosférica cuando se encuentran en un ambiente relativamente seco. Y digo «relativamente» porque los cangrejos terrestres solo pueden vivir en países tropicales donde la humedad del aire es tan elevada que roza la saturación: un gol para el equipo visitante, porque a falta de agua marina se puede aprovechar la que contiene el aire. Y para lograrlo estos bichos presentan en el interior de su cuerpo una cámara llena de agua donde se alojan las branquias, que pueden seguir respirando el oxígeno disuelto en esta pequeña reserva líquida. Es la llamada cámara branquial. Ahora el problema consiste en mantener constante el nivel interior de la cámara, pero no con un agua cualquiera, sino con una lo más enriquecida posible en oxígeno. Y para conseguirlo estos cangrejos se mantienen siempre húmedos (recordemos en qué ambiente viven), mojándose su carcasa con un agua atmosférica que ellos se ocupan de enriquecer en oxígeno por medio de una reacción química que fija este gas a su superficie, transfiriendo este complejo líquido a la cámara branquial, donde las branquias absorben de forma continua el oxígeno contenido en el agua suministrada desde el exterior del cuerpo. Siguiendo este proceso tampoco sería erróneo concluir con que los cangrejos terrestres respiran a través de su piel gracias a un genuino proceso que se conoce como pulmón branquial, con un funcionamiento aún poco explicado y un nombre que forzosamente nos retrotrae a esa figura retórica que se llama oxímoron.

Los cangrejos solo pueden ser terrestres provisionalmente porque tienen que regresar a la mar para poner sus huevos en el agua, único medio en el que pueden medrar sus larvas planctónicas. En la foto del autor, decápodos en la Lengua de la Bavaría, en Senegal.

Y con la servidumbre de soportar las branquias de por vida, los cangrejos solo son terrestres provisionalmente porque periódicamente tienen que regresar a la mar a depositar en su útero maternal y primigenio sus puestas de huevos, que darán origen a unas larvas nadadoras que en un momento dado, y siguiendo la llamada gregaria de la especie, se reúnen por millones para desembarcar en tierra y vivir la ilusionante aventura del «quiero y no puedo» terrestre.

Sin embargo, el protagonismo de la conquista definitiva de la tierra correspondió a otros artrópodos menos aparatosos pero mucho más abundantes, los insectos. Pero estos no podían caer en los errores estructurales de los crustáceos y, para empezar, tuvieron que añadir a su cuerpo un tagma más, el de la cabeza, que se ocupó de centralizar el sistema nervioso y los órganos de los sentidos, con lo que el insecto quedó dividido en las tres secciones clásicas que, a su vez, agrupan órganos y sistemas individualizados: los tagmas cabeza, tórax y abdomen. Y el invento fue tan bueno que se proyectó, aunque por otra vía, la de los deuteróstomos, a los animales más evolucionados que existen, los mamíferos distribuidos en cabeza, tronco y extremidades.

Pero los insectos, arañas y escorpiones también tenían que liberarse de la servidumbre de las branquias y como pioneros que les tocó ser en lo seco tuvieron que inventarse un truco para poder sobrevivir respirando el oxígeno

Fósil de meganeura, una libélula del Carbonífero del tamaño de algunas de nuestras actuales águilas. Su fase larvaria transcurría en el seno de las aguas, respirando por branquias, para pasar en su etapa adulta a respirar el oxígeno atmosférico por tráqueas, secuencia que se mantiene en las libélulas actuales. (Foto: internet).

atmosférico. La chapuza no podía ser más simple y original: los insectos abrieron ventanas y puertas para que circulase el aire a través de su cuerpo y lo ventilase, o sea, lo agujerearon como un queso de Gruyère (valga el tópico) y montaron un intrincado laberinto de tubos, las tráqueas, que se abren al exterior y se inmiscuyen en la intimidad corporal como si de una tela de araña se tratara, llevando el aire directamente hasta los órganos y lugares más recónditos por medio de una red secundaria de tráqueas cada vez más finas, que se llaman traqueolas.

La respiración traqueal sería el asombroso paso intermedio entre dos órganos muy parecidos por su fisiología y cometidos: las branquias, para respirar el oxígeno disuelto en el agua (todos los animales acuáticos las tienen), y los pulmones, que absorben el oxígeno contenido en el aire y, por tanto, reservado a los animales terrestres. Y aunque el invento de los pulmones tengamos que buscarlo en la otra vía evolutiva, la de los deuterostomados, no cabe duda de que los insectos y otros varios artrópodos terrestres (escorpiones, arañas, ácaros…) se marcaron la chulería de aprovechar el oxígeno del aire por la vía más rápida y contundente: el contacto directo de este gas con sus tejidos. Se trata, por tanto, de un modo de respiración pasiva, aunque solo en parte porque cuando el artrópodo corre o vuela se activa muscularmente el sistema traqueal. Muy ingenioso el asunto.

Pero la arriesgada aventura de desembarcar en tierra no podía hacerse a lo loco, sino tomándosela con calma, preparando muy bien la estrategia a seguir. Por eso los primeros insectos terrestres transitaron desde la branquia a la tráquea en varias y lógicas etapas, nada de dejar el agua de golpe, nada de cambios bruscos que son contrarios al espíritu de la evolución, cuyos progresos deben responder siempre a una paulatina adaptación al medio. Y para comprender cómo se desarrolló este proceso, situémonos en los comienzos del período Carbonífero, hace 370 millones de años, cuando los continentes ya se habían reunido en uno solo, Pangea, y la atmósfera contenía un 35 por 100 de oxígeno frente al 21 por 100 de hoy. Aquella gran concentración de oxígeno propiciaba las lluvias torrenciales, y gran parte de Pangea se convirtió en un pantano en el que vegetaban enormes árboles que capturaban el CO_2 del aire al efectuar su función clorofílica a la par que exhalaban más oxígeno, enriqueciendo gradualmente el ambiente de este gas. Y también generaban mayor cantidad de agua procedente de lluvias y tormentas. Los cangrejos terrestres estaban a sus anchas, como en casa. Y, de paso, con tanto oxígeno, el aire se hizo más inflamable y, con la complicidad de los rayos, el ambiente ardía con violentos incendios forestales, por lo que si había que elegir algún lugar donde la vida pudiese conservarse, ese era el agua dulce en sus más permanentes manifestaciones: los caudalosos ríos y multitud de extensos lagos que formaban el paisaje sobre el que volaba un insecto pionero, el *meganeura*, una descomunal libélula de un metro de envergadura alar y 70 cm de larga, del tamaño de muchas de nuestras águilas actuales, y cuyas larvas, llamadas náyades, al igual que ocurre con las de sus descendientes de hoy, se desarrollaban en el seno del agua dulce, respirando en esta etapa acuática, como no podía menos de suceder, por branquias. Y al terminar su metamorfosis y una vez abandonada el agua, había que respirar el aire atmosférico y las branquias ya no servían para nada, con lo que muchos viejos artrópodos optaron por el sistema traqueal como solución. Y con esta dualidad branquia-tráquea en su doble vida, el meganeura ni dejaba de ser un bicho acuático ni empezaba a ser definitivamente terrestre. Pero le cabe el honor, eso sí, de ser la primera criatura voladora que hubo en la Tierra. Pero la secuencia del paso de la branquia larval a la tráquea del adulto de meganeura se llenaría de lógica y razón, y hasta tiene un ilustrativo paralelismo en la otra vía evolutiva que conocemos, la de los deuterostomados: una rana pone sus huevos en el agua, de los que nacen unos renacuajos que respiran por branquias. Y tras la metamorfosis, que es una gran revolución anatómica, estos abandonan el agua convertidos en una pequeña rana que respira con unos incipientes pulmones (sin entrar en detalles) para valerse en tierra. Y, a diferencia de las tráqueas, como los pulmones eran lo mejor que se había inventado para respirar en lo seco, los sucesores de los anfibios, los reptiles, los mejoraron, y de los dinosaurios pasaron, muy perfeccionados, a las aves y, por otra rama, a los mamíferos. Mientras que el insecto, con sus tráqueas, aunque se vista de seda, en insecto se queda.

En la foto del autor puede observarse una hembra de libélula actual que, ayudada por su macho, está poniendo huevos dentro del agua, de los cuales nacerán una larvas, las náyades, que respirando por branquias repetirán la historia de la meganeura, que no terminó de ser un animal totalmente terrestre pero que tampoco perteneció por completo al agua: ¿bichos de transición? Obsérvense los tres tagmas típicos del insecto: cabeza, tórax y abdomen.

El ejemplo de meganeura, que es probable que en cierto momento fuese el único insecto que vivía en la Tierra, nos confirma que los primeros insectos terrestres salieron del agua (o sea, directa o indirectamente de la mar) y que poco han variado en el transcurso de millones de años, excepto en tamaño y en que una mayoría pudo librarse de la servidumbre de tener que volver al agua para reproducirse y se hicieron definitivamente terrestres. Por eso, la vida y aspecto de las libélulas actuales es un calco de meganeura, con idéntica fase larvaria branquial en el agua y tráqueas en la adulta; pero también en el Carbonífero encontramos fósiles de insectos permanentemente terrestres, cuyas formas se han conservado hasta nuestros días: saltamontes, efímeras, mariposas y polillas, moscas y mosquitos se encuentran en varios yacimientos fosilíferos españoles, y la cucaracha extinta *Phylloblata,* de la que las actuales son prácticamente un trasunto, ha sido datada en 300 millones de años en un fósil del Carbonífero portugués. El actual escorpión es otro fósil viviente que conserva los caracteres ancestrales de los artrópodos marinos. ¿A que se parece mucho a un bogavante?, ¿tanto como un centollo a una araña? Pues no es una casualidad.

La tráquea también presentaba problemas, claro. En los principios del Carbonífero los artrópodos terrestres dominaron en la Tierra porque cada vez se hacían más grandes, ya que el ambiente, tan oxigenado y repleto de recursos alimentarios, así lo favorecía. Y por estas razones, el paisaje pantanoso se llenó de insectos gigantes, además de las enormes arañas y los fenomenales escorpiones terrestres, grandes pero solo hasta un límite, pues ellos mismos desaparecieron víctimas de su gigantismo para recuperar en el Pérmico, hace 230 millones de años, el tamaño normal que hoy tienen sus sucesores, que

además es el máximo que permite la respiración traqueal. Y es que, a medida que los insectos, arañas y escorpiones se hacían más grandes gracias al generoso cupo de oxígeno existente en el aire, necesitaban más tráqueas y traqueolas en el interior de su cuerpo para que este gas llegase a la intimidad de sus tejidos y órganos. Pero se presentó el momento en el que el enrevesado sistema traqueal competía por el espacio corporal interno con los propios órganos del insecto y afines, y donde se necesitaban tantas tráqueas no quedaba sitio para el sistema nervioso y el aparato digestivo y se imponía definitivamente estandarizar los tamaños de todos los artrópodos para que no fueran ni más grandes ni más pequeños que lo que permitiese el equilibrio entre su funcionamiento interno y el volumen de la intrincada red traqueal que lo invadía.

Además, el lento tránsito de la evolución fue resolviendo todos estos problemas: desde el alto porcentaje del 35 por 100 de oxígeno en el Carbonífero (en el que nosotros no hubiéramos podido vivir) se pasó al 23 por 100 en el Pérmico, una oxigenación del aire muy parecida a la actual. En esta atmósfera los artrópodos traqueales no podían crecer más y, como paralelamente habían irrumpido en la tierra los vertebrados anfibios y los reptiles, los insectos más grandes fueron desapareciendo como presas más cotizadas por estos depredadores, manteniéndose, selectivamente, los más pequeños de cada especie.

Podemos terminar el capítulo de hoy de *Rumbo a la vida marina* con el siguiente resumen: los crustáceos con sus branquias, valientes exploradores de lo seco, nunca dejaron de pertenecer al agua; y el resto de los artrópodos, con la feliz chapuza de las tráqueas, lograron un gran éxito parcial en la conquista de la tierra, hasta el extremo de que ya no queda ninguno en la mar y que insectos los tenemos hasta en la sopa, pero con la condena de su obligada pequeñez y con el patético designio de servir de comida a los animales pulmonados, que de verdad son quienes mandan por su situación en la pirámide trófica de la Tierra. Además, qué carallo, que una jirafa llena de tráqueas, traqueolas, agujeros y tubos en su interior nunca podría haber sido digna tataranieta de la mar. Y punto.

Réplica de la nao *Santa María* en Arrecife, Lanzarote, mayo 2018. (Foto: RGM).