LA RADIOGRAFÍA DE UN PEZ DE SECANO

José CURT MARTÍNEZ
Biólogo

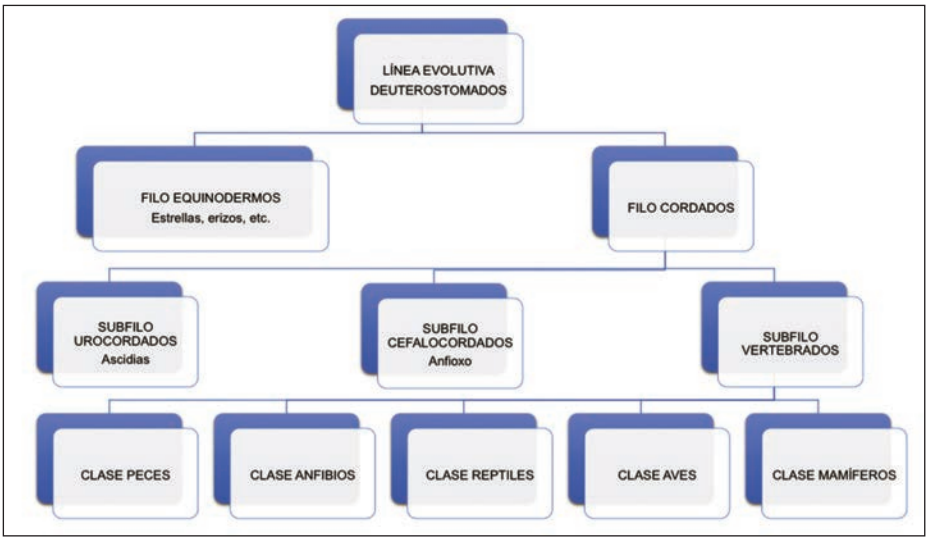
(RR)

TERMINAMOS el pasado bimestre de *Rumbo a la vida marina* acompañando como observadores a varios peces que intentaban desembarcar en la tierra firme para dar inicio a esa segunda fase de la evolución que culmina con la presencia del ser humano en lo más alto de la escala evolutiva gracias a explorar el nicho ecológico de la inteligencia. Hay que ver hasta dónde hemos llegado. La secuencia terrestre de esta carrera de transformaciones fue: pez-anfibio-reptil-ave y mamífero (chistera, varita mágica, polvos de la madre Celestina y millones de años de paciencia), toda ella marcada por la impronta de contar con un esqueleto óseo interno y vivo, un invento de postín patentado por los peces. Dedicaremos, pues, el capítulo de hoy a glosar tan magno acontecimiento, acaecido en la mar, madre de toda

vida, y a tratar de descubrir cómo fueron sus prolegómenos, cuáles los orígenes del hueso y sus razones de ser. Intentaremos ver, en suma, si nosotros, que nos autotitulamos «los reyes de la creación», tenemos esqueleto gracias a ser los descendientes de un vulgar y blandengue gusano marino o, con más probabilidades y por suavizar la diatriba, de una grácil aunque torpe y descerebrada (*sic*) estrella de mar.

Al referirnos a esos peces pioneros y adelantados en tierra, insistíamos especialmente en su carácter de vertebrados porque ya sabíamos que todos los invertebrados marinos, a excepción de los equinodermos —estrellas, erizos, ofiuras, holoturias *and company*— se habían adelantado muchos millones de años a la andadura terrestre de los peces, y cuando estos saltaron a tierra ya estaban paseando por las tres dimensiones del espacio, incluso poblando los aires multitud de insectos y otros bichos voladores. Pero da la casualidad de que el frente de desembarco de todas esas hordas invertebradas respondía a un patrón común, porque pertenecía al mismo ejército, al de los *protostomados,* mientras que, por exclusión, los fieles equinodermos que se quedaron para siempre en la mar —o se transformaron después, ojo— pertenecen a otro diferente, el de los *deuterostomados,* cada uno con sus especiales características, ya que el futuro de unos y otros estaba predestinado por distintos designios en la evolución y no es lo mismo prepararse para ser coronel de Intendencia de la Armada que para ser profesor de fagot en la Orquesta Nacional de España. Y por eso la mar, convocada a la evolución de las criaturas, creó el filo de los equinodermos, radicalmente diferente a los demás grupos animales. Y sus miembros, estrellas, erizos, holoturias… se convirtieron en el pueblo elegido que abrió rumbo a la línea evolutiva de los deuterostomados, donde estamos todos los vertebrados, incluidos nosotros, claro, y también un erizo de mar y uno de tierra. Y una lubina. Y el pavo loco y la vaca que ríe… Y, aunque me da pánico meterme

El grupo de los equinodermos es el único que no tiene representación terrestre. Tampoco tienen cerebro, pero en la foto de Alba Sandoval, que agradecemos, se observan las complicadas oquedades que los erizos son capaces de horadar con sus púas en la dura roca, a su medida, para poder guarecerse a salvo de depredadores. Torpes pero no tontos.



Desarrollo abreviado e intencionado de la línea evolutiva de los deuterostomados, imprescindible para comprender nuestro artículo de hoy. (Elaboración propia).

en latines y derivados, porque luego me regañan mis lectores, debemos recordar cuanto antes, para no dejar hilo sin puntada, que se llaman protostomados aquellos bichos cuyas bocas aparecen antes que el ano en el desarrollo embrionario, y deuterostomados los que la presencia del ano se anticipa a la de la boca en la vida larvaria o embrional. Y aunque pudiera parecerlo, el dilema no tiene nada de banal, porque ambas opciones constituyen, nada menos, que las dos líneas fundamentales que se siguen en biología para estudiar la evolución de todos los seres vivos: o la de los protostomados hasta llegar a los artrópodos (crustáceos, insectos y otros, a los cuales volveremos en próximos bimestres) o la de los deuterostomados a partir de los equinodermos y hasta llegar a los mamíferos. La línea evolutiva de los deuterostomados se divide en dos filos: el de los equinodermos (estrellas, erizos, etc.) y el de los cordados. Este último se divide a su vez en tres subfilos: urocordados (ascidias), cefalocordados (anfioxo) y vertebrados, el cual engloba cinco clases: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Y sabido es que todos los seres vivos, sin excepción, tienen dos etapas en su vida, la embrional, larvaria o fetal, según los casos, y otra fase adulta, bien distinta. Y sentado esto, ¿cuál de las dos es la que imprime carácter al individuo? El autor espera que hoy quede muy claro para el lector que en biología el período de la vida embrionaria es tan importante, si no más, como la fase adulta.

El caso es que cuando en la plácida vida marina de las esponjas y los corales y en el sopor del plancton acunado por la nana de las suaves corrientes

Muchos protostomados, como el cangrejo de la izquierda (foto del autor), optaron por protegerse con una fuerte armadura externa, recurso que imitaron algunos deuterostomados, como la tortuga de la derecha (tomada de internet), con el suplemento dérmico de su caparazón, anexo a su esqueleto interno pero de diferente consistencia.

marinas apareció el movimiento y con él la depredación y se instaló como norma general de convivencia el «todos contra todos», aquello se convirtió en una guerra a muerte para la que había que pertrecharse, y entre los animales marinos apareció la necesidad de ocultarse y endurecer de alguna manera los blandos y gelatinosos cuerpos que se habían moldeado en la molicie del sedentarismo. Y por ese motivo, algunos de los protostomados, como son los insectos y los cangrejos, se rodearon de un exoesqueleto para proteger su cuerpo y articular las patas y las alas que, millones de años después, les permitirían andar y volar sobre la superficie terrestre. Pero tales exoesqueletos eran, como su nombre refleja, una formación externa a su cuerpo, más bien una suerte de «piel dura» de quita y pon y, por tanto, muerta, como terminan siendo nuestras uñas y pelos. Algo así como un chaleco antibalas, para entendernos. Y como esta estructura tenía algo de provisional, debían mudarla por otra de mayor tamaño a medida que el volumen de su inquilino crecía y no cabía por dentro: una chapuza, vamos. Pero con todas sus limitaciones los protostomados cumplieron con su deber, aunque no pudieron alcanzar un esqueleto de verdad, como es el nuestro, el de una jirafa o el de un arenque; un esqueleto polivalente concebido con todas las de la ley: un endoesqueleto o esqueleto fabricado desde el interior del cuerpo, forzosamente bilateral, con un solo eje de simetría que lo divide en dos partes iguales, un cuerpo más largo que ancho, hidrodinámico o, en su caso, aerodinámico, como corresponde a todos los seres que nos desplazamos en una dirección determinada, con la cabeza y los ojos como mascarón de proa, hollando lo que se nos presenta por delante. Y además, un esqueleto vivo y que, por tanto, crece desde dentro del individuo a medida de que su propia masa corporal va aumentando, con lo que su desarrollo podría ser ilimitado, teóricamente; de ahí que en los vertebrados

se den los animales de mayor tamaño, como la ballena azul, de 30 metros de eslora, nada menos. Lo que no excluye para que algunos deuterostomados, imitando a los cangrejos, potencien su seguridad acorazándose exteriormente con espinas o placas de origen dérmico (los yelmos y corazas del soldado medieval), como las que podemos ver en los erizos terrestres, las tortugas, el armadillo o el puercoespín. Y por eso nadie duda de que entre ambas líneas evolutivas tiene que existir cierta relación, pero la ciencia aquí se ha quedado en paños menores y aún hoy es el día en el que no termina de aclarar cómo se entronca una con la otra. Y debido a esta calima argumental y por otras razones que no hacen al caso y por no complicar más el presente rollete, diremos que las más modernas investigaciones excluyen a los protostomados como precursores de los vertebrados, a pesar de que alguno de sus componentes, como son los calamares, tendrían más razones de peso para serlo que los confusos equinodermos, al tener tres corazones, un enorme cerebro y complejo sistema nervioso y sus perfectos ojos, frente a la tosquedad de una estrella de mar, sin cabeza, sin cerebro, o frente a la torpeza y simplicidad de una holoturia. Pero, ya se sabe que, citando al gran Pascal, «la ciencia tiene razones que la razón no comprende», y nosotros aparcaremos a los protostomados *sine die* para centrarnos ahora en recorrer la línea de los deuterostomados, que es la de las grandes conquistas evolutivas, aun a riesgo de las muchas sorpresas, tropiezos y perplejidades que en su andadura pueda encontrar el lector de *Rumbo a la vida marina*.

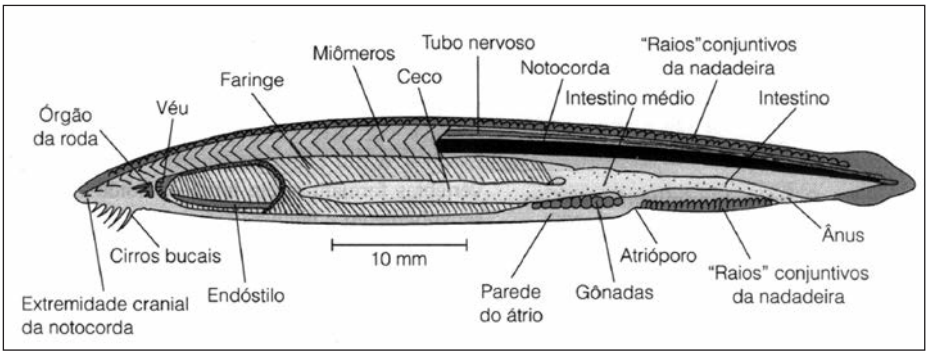
Los equinodermos inventaron un esqueleto interno y vivo, en cierto modo muy parecido en sus funciones al nuestro. Con él se logró la consabida rigidez de estrellas, erizos, ofiuras… Evolutivamente fue un gran avance. En la foto de internet, una estrella «corona de espinas», venenosa.

Bueno, y el esqueleto, ¿para qué sirve? Pues, mira, sirve para muchas cosas pero, en principio —no nos precipitemos— centrémonos en que se concibió para dar rigidez a un cuerpo (con simetría bilateral) que se movía. Esa era la idea madre, y de esta, como en toda gran obra de arte, parten los bocetos y de ellos

No debe sorprendernos el categórico cambio de aspecto que se produce entre el estado larvario y el adulto. Lo estamos viendo todos los días. A la izquierda de las fotos del autor, ninfa de una chicharra; a la derecha, ejemplar adulto. ¿Cabe más diferencia?

las pruebas pertinentes para terminar desarrollando el mejor, y por eso el primer endoesqueleto que aparece en la mar es en los equinodermos que, al tener en su fase adulta una apariencia radiada, se va a tratar de un esqueleto difuso, formado por un mosaico de sostén de partículas calcáreas que confiere la consabida rigidez a las estrellas o a las ofiuras. Por tanto, es un endoesqueleto continuo de osículos (pequeños huesos) calcáreos recubiertos por una piel, y por eso se considera esqueleto interior. Y lo es. Y que por sus causas y efectos se parece mucho al nuestro, ¿de acuerdo? Pero, ¿cómo y dónde podemos ver en los indolentes equinodermos la bilateralidad exigible en un ser superior que por ello tiene que moverse en una dirección determinada si, claramente, vemos radiada una estrella o una ofiura? Pues sí, tenéis razón, pero algo pasa cuando los libros clasifican a los equinodermos como animales de simetría bilateral, y es que —ya lo sabíamos—, al ser su larva claramente bilateral, una vez más la vida larvaria va a imprimir carácter al grupo que, por muy radiado que veamos al individuo adulto, técnicamente se incluye en la bilateralidad de los animales superiores, aunque la metamorfosis desde una larva bilateral a un individuo juvenil radiado sea una portentosa revolución anatómica que nos induzca a la confusión. Un tanto suavizada si recordamos la metamorfosis de una oruga convertida en fulgurante mariposa, algo que estamos viendo todos los días sin que se nos caigan las lentillas de asombro.

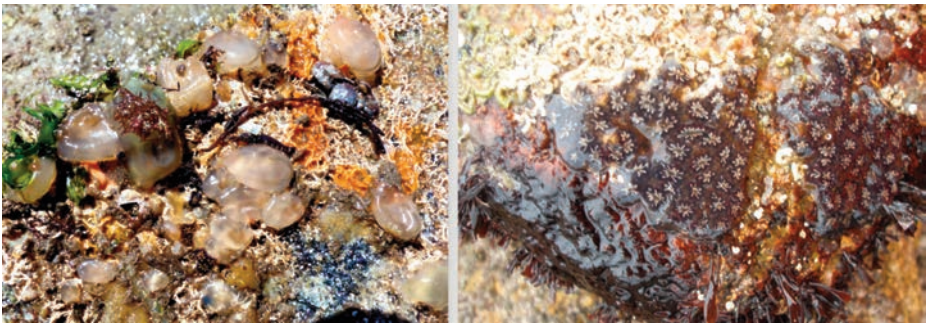
Además, y si todo lo dicho transcurre actualmente, abundan en el tema viejos recuerdos, como el hallazgo de unos fósiles de equinodermos, los *estilóforos* (clase *Styliphora*), extinguidos en el Devónico, hace alrededor de 370 millones de años, sobre los que Hickman (*Zoología, Principios Integrales*) nos describe que eran de simetría bilateral (bingo), que mostraban hendiduras branquiales, paquetes musculares y una cola posnatal con varilla central «semejante a una *notocorda*», situada debajo de un cordón nervioso dorsal. Y



En este esquema del adulto de un anfioxo, que ni es un pez ni un vertebrado, sino solo un cordado y, por ende, deuterostomo, destaca la corda y el tubo nervioso dorsal. (Fuente: *euquerobiología. blospot.com.jp*).

esas circunstancias que acabamos de citar resulta que son las exigibles e imprescindibles para pertenecer a la nómina de los cordados, con las que Hickman consagra el carácter referencial de los equinodermos sobre los vertebrados y, por eso, hemos destacado en cursiva la primera alusión que encontramos hoy (y en la evolución) a la *notocorda, notocordio* o *corda* (del latín *chorda* = cordón, «la cuerda»), con la cual se estrena, repetimos, el filo de los cordados, al que también pertenecemos todos los vertebrados y más unos contados y curiosos invertebrados con ínfulas de vertebrado que, sin serlo, al estrenar la corda, se convirtieron en humildes «precursores» del esqueleto. Enseguida los describiremos.

La corda, pues, es un esbozo de eje esquelético, un proyecto de columna vertebral en ciernes y, por tanto, un primitivo alarde de andamiaje que, por su sentido pionero en la evolución, bien podría haber quedado escrito en romance en el poemario de la biología. Y si la corda aún está lejos de la perfección del hueso, la novedad de que un animal se articule y se endurezca con un eje desconocido hasta el momento se las trae. La corda consiste en una varilla maciza, semirrígida y flexible que se extiende a lo largo de todo el cuerpo de ciertos individuos y cuya principal misión es soportarlo y darle consistencia. Y nada más, sin entrar en detalles. Está situada entre el tubo digestivo y el sistema nervioso y está formada por células que, valga la expresión, se hinchan y deshinchan, prestándole al cuerpo la necesaria turgencia o la oportuna relajación para poder dominar todos los matices de lo que supone el movimiento, que en el agua se demuestra nadando. Fuerza, agilidad, resistencia y aceleración son el ramillete de condiciones indispensables para nadar bien y para que en un siguiente estadio pueda ser proyectado al animal terrestre en su andadura por lo seco. Pero no olvidemos que moverse en la mar, nadar en la mar, andar por la mar, como hacerlo en tierra, no solo significa ir



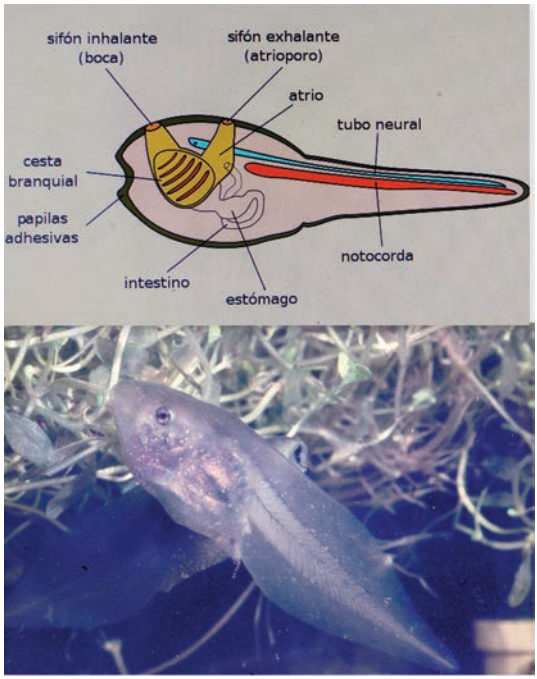
A la izquierda, unas ascidias solitarias (foto del autor); a la derecha, ascidias coloniales (foto gentileza del profesor Ángel Luque). En ambos casos, no es fácil apreciar los sifones característicos de las ascidias. En las coloniales, cada brazo de la estrella es un individuo de mínimo tamaño.

para arriba o para abajo, caer a babor o a estribor con la armonía y puntería a las que acostumbra el pez. Nadar por la mar tiene el profundo significado de huir, atacar, relacionarse, esconderse, cazar, cortejar a la pareja, aparearse con ella, batallar en la dura guerra de la depredación, formar ejércitos multitudinarios que desfilan integrándose en cardúmenes migratorios o simplemente defensivos. Y eso de «nadar por la mar» resulta tan complejo que solo podría llevarse a cabo en la relajante ingravidez sobrevenida de las aguas, con la colaboración de un buen sistema nervioso y la perfección y rendimientos que dimanan de un buen esqueleto diseñado en los peces para hacer filigranas con el cálculo vectorial y jugar con los avatares de la cinemática en unos movimientos que se subliman con la cadencia y armonía del mejor balé. Esqueleto que, ya hemos dicho, tiene su introito en la corda o notocorda.

Y para ser admitidos en el club de los cordados lo único que la ciencia exige es que la corda aparezca y sea operativa en uno cualquiera de los momentos de la vida del aspirante, ya sea en la larvaria, aunque no perdure en la fase adulta (el caso de las ascidias), o que se mantenga como tal corda toda la vida (caso del anfioxo) o que, como en nuestro caso y en el de la mayoría de vertebrados, la notocorda fetal o embrional sea sustituida en el estado adulto por la columna vertebral —como pronto veremos—, dentro de la cual se custodia, además, el cordón nervioso que acabamos de citar pocas líneas más arriba con el nombre de médula espinal. Y mira, lector, que no cunda el pánico, porque tarde o temprano el puzle irá tomando forma. Palabra.

Bueno, pues demos avante media y vamos a empezar con la primera opción, con es el caso de las ascidias (filo cordados, subfilo urocordados), cuyas larvas nadadoras presentan corda bien patente, pero que desaparece al fijarse al fondo marino como ejemplares adultos sin dejar vestigio o sustituto alguno de ella. Desde luego que, a primera vista, no podríamos imaginar

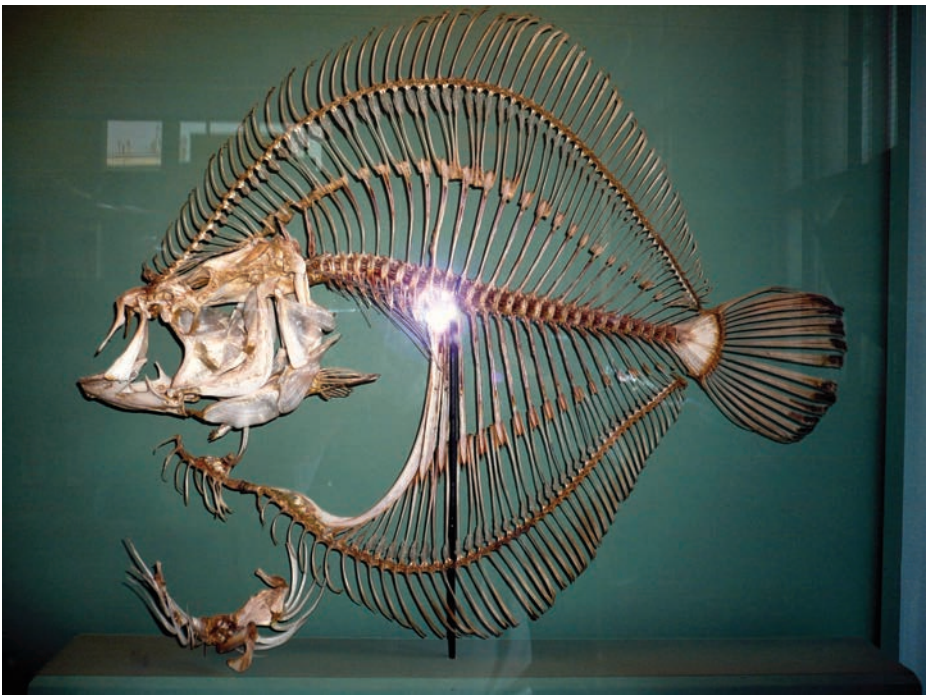
candidato menos adecuado a constituirse en antecesor de los vertebrados que las ascidias, que son unos absurdos, modestos y enigmáticos animalillos que en su fase adulta son transparentes y con un aspecto que recuerda al de las esponjas, como si fueran pequeños odres que parecen hechos de plástico. Incluso es difícil creer que la ascidia pueda ser un animal y mucho más que, evolutivamente, sea tan avanzado. De hecho la anatomía más visible en las ascidias es muy elemental, puesto que se reduce a un sifón inhalante y otro exhalante, entre los que establece una corriente de agua que aprovecha para alimentarse filtrando las partículas y animáculos que contiene en suspensión; en cierto modo, parecido a como hacen las almejas y los



Arriba, esquema de la larva-renacuajo de la ascidia (capturado en internet); debajo, un renacuajo de sapo de espuelas en foto del autor. El aspecto de las dos es parecido.

Larva de ajolote.
(Fuente: *wikifaunia.com.anfibios.ajolote*).

berberechos, ¿os acordáis? Para colmo, existen ascidias solitarias y coloniales y a veces es muy difícil apreciar sus sifones, especialmente en las que viven debajo de las piedras, por lo que no es raro confundirlas con una bolsa de moco inerte, confusión que aumenta en las ascidias coloniales, en las que cada uno de sus brazos suele ser un diminuto individuo de dificultoso reconocimiento. Pero, a pesar de sus limitaciones y simpleza, la larva de la ascidia es la



La mar consiguió una asombrosa perfección con el esqueleto del pez. El resto, incluido el nuestro, son réplicas del esqueleto del pez con adaptaciones a la vida en lo seco, sufriendo la ley de la gravedad. Apreciemos en la foto del autor el cráneo con la columna vertebral como eje maestro del cuerpo y las dos cinturas (los dos «ganchos» que aparecen en la parte inferior izquierda), la escapular y la pelviana, soporte de las aletas pares del pez, posteriormente convertidas en brazos y piernas, antes en cuatro patas.

que la ciencia considera precursora del esqueleto porque claramente reúne las cuatro características básicas del cordado, a saber y repetimos: corda, cordón nervioso dorsal, hendiduras branquiales y cola posnatal. Y además la larva de la ascidia se conoce como larva-renacuajo porque es muy parecida al renacuajo de un anuro, es decir, a la larva de una rana o de un sapo. Y es en ambas donde se dan la mano el invertebrado (la ascidia) con el vertebrado (la rana), porque además de su estrecho parecido físico es patente la presencia en ambos de la corda, que se perderá en la ascidia adulta, aunque se transformará en columna vertebral en el desarrollo del anuro siguiendo un proceso muy similar al que acaece en y después de nuestra propia vida fetal. ¿Os sorprende? Pues por coincidencias que no quede, ¿verdad? Y aunque sea anticiparnos, conviene que os diga, reafirmándome en lo ya dicho, que el subfilo vertebrados, encuadrado también en el filo de los cordados, reúne en su fase larvaria y

fetal (nosotros mismos también, *of course*) las cuatro características exigibles en los cordados, aunque, por adaptación, con dos importantes novedades: la presencia de una cadena de vértebras y una envuelta cerebral, el cráneo. Ambas permanecen durante el resto de la vida del mamífero. Ello quiere decir que en nuestro estado embrionario el cordón nervioso de las larvas de las ascidias pasa a ser el cerebro y la médula espinal del hombre, aunque ahora va a estar custodiado de por vida en el interior del cráneo, y dentro del tubo hueco, la columna vertebral, que se ha formado a partir de una serie de vertebras, óseas en la mayoría de vertebrados o cartilaginosas en tiburones y afines, formadas por las vainas de tejido conjuntivo que rodea la notocorda fetal, convirtiéndose en el eje mecánico principal del cuerpo y, por expresarlo de alguna manera, en «una corda modernizada».

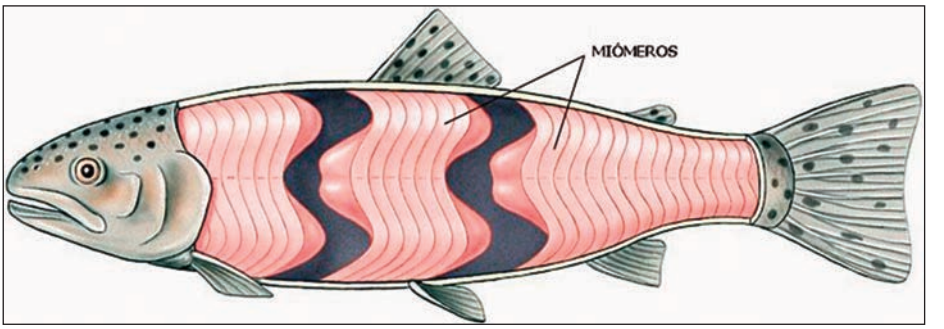
Habréis visto que hasta ahora la fuerza argumental sobre los antecedentes del vertebrado ha recaído en la larva de las ascidias. Pero ya dijimos que una larva es un estado vital transitorio que no tiene sentido si no termina materializándose en un animal adulto de aspecto diferente y que está llamado a la reproducción de la especie. Y aquí es donde aparece la elegante hipótesis del inglés Walter Garstang (1868-1949), hoy día universalmente aceptada y en plena vigencia: sabemos que la ascidia adulta vive fija, pegada al fondo marino, pero que su larva, cordada, nada libremente en el plancton. Pues bien, hace 500 millones de años, postula Garstang, una larva de ascidia conseguiría reproducirse como tal sin necesidad de llegar al estado adulto o, dicho de otra manera, dichas larvas adquirirían la madurez sexual sin perder las branquias y otras características larvarias, fenómeno que se llama *neotenia* y que no debería dejarnos boquiabiertos porque actualmente no es tan raro contemplar larvas neoténicas reproductoras en varios anfibios (urodelos salamandras y tritones) entre los cuales es proverbial el caso del ajolote, *Ambystoma mexicanum*, que es una salamandra que se reproduce habitualmente como larva en el agua, con sus branquias y otros detalles embrionales bien patentes. Y solo si el agua se seca, evoluciona a adulto.

Sigamos. Segundo caso: la corda se conserva como tal durante toda la vida adulta del individuo. Es lo que le pasa al anfioxo (filo cordados, subfilo cefalocordados), que parece un pececito (sin serlo), de unos siete centímetros de longitud y que puede nadar libremente aunque le guste enterrarse en los fondos marinos arenosos dejando la cabeza fuera por lo que pueda pasar (literalmente). Su corda se ve muy bien porque el anfioxo es transparente y le recorre el cuerpo desde proa a popa (ver fotografía de la página anterior), estando situada debajo y en paralelo de un tubo que contiene los haces de nervios del bicho, el cual comienza en un abultamiento o vesícula cerebral que nos retrotrae al cerebro de animales más evolucionados. Y dadas estas características, el anfioxo, aprendiz de vertebrado frustrado, ha sido considerado durante muchos años como el eslabón evolutivo entre las ascidias y los vertebrados, pero tal posibilidad fue eliminada por la ciencia por distintas

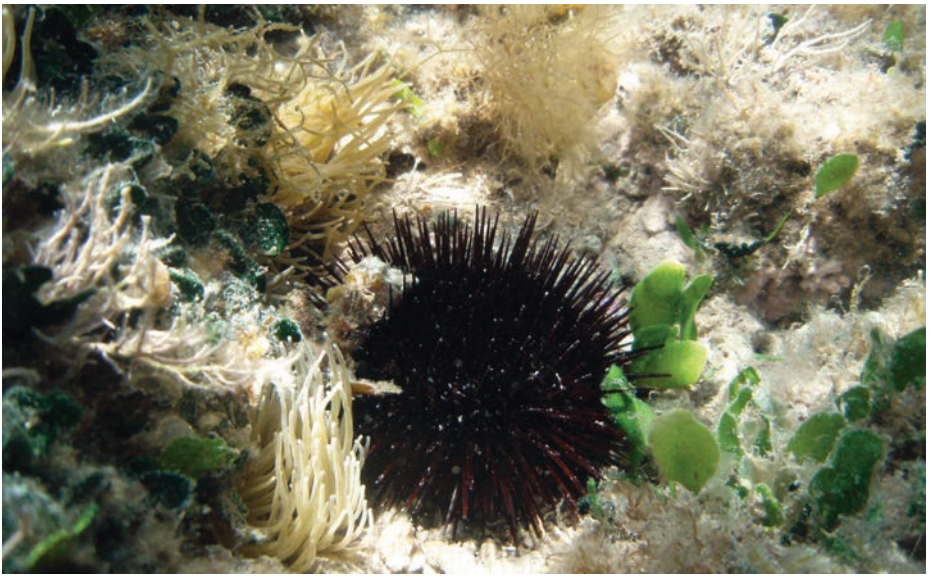
El pez (a la izquierda) carece de cuello**.** Los anuros, ranas y sapos tampoco lo tienen, pero a partir de estos, aparece evolutivamente en los reptiles, aves y mamíferos la necesidad de mover la cabeza a lado y lado. Y son las vértebras móviles del cuello las que procuran estos movimientos. (Fotos del autor).

razones que no hacen ahora al caso y, por exclusión, ante la fuerza que demostraba la larva neoténica de la ascidia como más directo y documentado ancestro del vertebrado. Pero lo evidente es que el anfioxo sigue estando ahí con su corda, convertido en un cordado de pro, esperando que le digan qué puesto le corresponde en este sarao.

Y con estos tatarabuelos nuestros, tan chulos aunque algo timoratos, la mar cierra su esquema evolutivo con el esqueleto óseo del pez (ya se sabe que el de los cetáceos y las focas vienen de fuera y son otra cosa). Y este sería el tercer caso que contemplábamos, en el que la corda embrional que se esboza en todos nosotros ha sido sustituida por la columna vertebral tras el desarrollo del organismo. Y el esqueleto del pez fue tal acierto de la mar, estuvo tan bien logrado, que nos va a servir de prototipo para cualquier esqueleto terrestre por complicado que se nos antoje. Porque la evolución discurre en dos etapas netamente marcadas: la del agua marina con tope en el pez y la que



Reparad en los miómeros. En la figura de *Wikipeces.net* se ha procedido a vaciar dos secciones de miómeros para que se vea la forma en W que tienen estos músculos en el pez.



Los equinodermos carecen de cerebro, pero son capaces de mimetizarse clavándose trozos de algas del entorno en sus púas y protegerse con el escudo de una venenosa anémona, tal como puede apreciarse en la foto amablemente cedida por José Navarro (*marmenorenclave. blogspot.com*).

continúa en la tierra firme a partir de él. Pero la única diferencia que existe entre ambos escenarios es que el agua es 800 veces más densa que el aire y esta característica, aparentemente tan elemental, es la que condiciona la forma y el destino de los seres que se desarrollan en medios tan antagónicos. Pero excepto los peces, que se quedaron a vivir en casa, los demás vertebrados que poblamos la tierra somos hijos emancipados de la mar. Con ello quiero decir que el esqueleto de un murciélago tiene la misma arquitectura, exactamente la misma, que el de una lubina, solo que adaptado a volar por los aires, y eso se nota. Se tiene que notar.

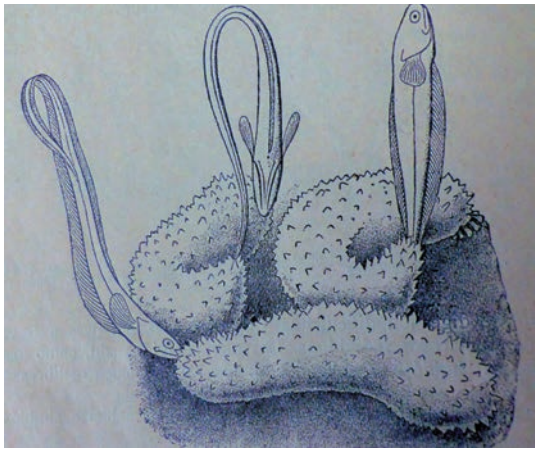
El esqueleto, además de prestar rigidez al cuerpo actuando la columna vertebral como viga maestra, sirve para organizarlo en secciones: cefálica, tronco y caudal (cráneo, tronco, extremidades), que actúan por medio de palancas parciales que son movidas por los músculos que se encuentran conectados al hueso. Por eso la mayoría de nuestros músculos o los de un arenque, tanto da, excepto los del corazón y otros de acción involuntaria, se llaman músculos esqueléticos. El mecanismo de su funcionamiento es muy sencillo: el músculo, al contraerse, mueve el hueso al que está conectado por tendones o cartílagos, y el movimiento del hueso acciona una pata, brazo, pierna, ala, aleta o lo que sea.

La oportuna foto de la oceanógrafa Diana Ferrater, a quien agradecemos la cortesía, demuestra que una descerebrada (*sic*) y lenta estrella de mar es capaz de atrapar un ligero pececillo bloqueándolo contra el cristal de un acuario.

Con tales premisas podemos resumir que el esqueleto del pez (y cualquier otro, no lo olvidemos) se distribuye en un eje principal (esqueleto axial) y en la parte referente a las extremidades (esqueleto apendicular). El esqueleto axial de los peces comprende el cráneo, la columna vertebral y las costillas. El cráneo consiste en una parte rígida dentro de la que se protege el cerebro y los principales órganos de los sentidos. A ella se añaden elementos independientes, como la mandíbula, los arcos branquiales y los opérculos, estos últimos involucrados en la respiración y aquella en la alimentación. Al cráneo se une un rosario flexible de vértebras huecas que forman un tubo dentro del cual se protege la médula espinal. Normalmente, en el pez este eje se sitúa en posición central porque de la columna parten espinas a ambos lados, dorsal y ventral. En los mamíferos la posición dorsal típica de la columna vendrá posteriormente impuesta, porque una cosa es nadar en la ingravidez de las aguas y otra andar soportando el peso del cuerpo sobre cuatro patas. Y en su más reciente adaptación, el bipedismo, esa posición dorsal tiene sus problemas, como bien sabemos quienes tenemos hora con el traumatólogo el martes próximo. Además, los peces no tienen cuello, por lo que la columna se encuentra soldada al cráneo y no pueden mover la cabeza a un lado y a otro, merma que sorprende en un invento tan bien inventado, salvo si tenemos en cuenta que cuando, por un juego de la columna, la cabeza cae para un lado, la cola lo hace al mismo lado. ¿Y por qué? Pues porque al nadar su cuerpo avanza por ondas, en un movimiento parecido al fuelle de un acordeón, y el más fino cálculo vectorial (la mar hace muy bien las cosas) exige que la resultante mire al frente o el pez no podría avanzar de no tener fielmente conjugadas las posiciones de la cabeza y de la cola. El cuello, pues, es una conquista del animal terrestre puro: las ranas y sapos, que en cierto modo «son peces a medias», tampoco tienen cuello; pero el siguiente vertebrado en la evolución, las culebras, terráqueas de pro, sí lo tienen y muy operativo.

«La columna vertebral del pez tiene muchas espinas a lado y lado», dijimos. Claro que sí. Y recordemos renglones más arriba aquello del «músculo esquelético…». Pues bien, cuando os comáis un salmonete —ahí se ven muy bien—, id separando con la pala de pescado las porciones de carne (de músculo) que en forma de inconfundible W se desprenden fácilmente en esta operación de cirugía gastronómica. Cada uno de esos músculos se llama *miómero* (solo en los peces) y cubre transversalmente toda la longitud del salmonete, excepto el cráneo y la cola. Y cada uno de los miómeros articula una espina, y cada conjunto de miómeros, una sección del pez —como está mandado— para producir el movimiento ondulatorio que caracteriza la natación del mismo. Pero como es obvio, un elefante, que tiene que salir por patas, tiene otras necesidades y recursos óseos, pero el tándem músculo-hueso es el mismo *in profundis*: un calco del pez.

La parte del esqueleto apendicular del pez tampoco va a dejarnos en mal lugar. Además de todo el tinglado vertebral que acabamos de comentar, presentan dos cinturas, una escapular y una pelviana. Las mismas que posee el coronel que suscribe y que ya tenía cuando era teniente coronel. Cada una de ellas está constituida por un conjunto de huesecillos que sustentan las aletas pares, conocidas como *pectorales* o *escapulares* y *ventrales* o *pelvianas*. Ambas son las precursoras de las extremidades en los vertebrados terrestres y en los seres humanos, brazos y piernas que se conjugan con los huesos que forman las dos cinturas homónimas (y homólogas) a las de los peces: la de los brazos, la escapular, y la de las piernas, la pelviana. Recordemos que un estado intermedio de evolución en las extremidades se aprecia muy bien en los celacantos, con sus aletas pares lobuladas que parecen patas. No sé si os acordáis de su imagen.



El pez fieraster, que es carnívoro, vive en el interior de las holoturias. Sale y entra por ellas para comer en el exterior. Sobre esta incomprensible relación la ciencia aún no se ha podido pronunciar. (Fuente: ALVARADO, S., 1950: *Biología General*. Editor Salustio Alvarado).

No podemos cerrar este capítulo sin hacer hincapié en que los seres más complicados partimos de los más sencillos de la mar, lo cual parece una paradoja. Y es que los mismos primeros cordados parecen una ampolla (ascidias) y una lanceta (anfioxo) trasparentes y no pueden ser más simples. Pero la ciencia acostumbra a medir con otro rasero que el humano y encuentra sólidos motivos, en los primeros esta-

dios de sus vidas, para lanzarlos al estrellato de la evolución. ¿Y qué decir de los equinodermos, que por inaugurar el rol de los deuteróstomos se emparentan con nosotros porque el ano adelanta su aparición a la boca en su vida embrional, pero que uno de ellos, las ofiuras, carece de ano en su fase adulta? Menuda coña marinera, ¿verdad? Y para colmo, los equinodermos, que son el preámbulo de los cordados y, dentro de ellos, de los vertebrados, carecen de cabeza y de cerebro, dos conquistas generalizadas en la mayoría de la rama evolutiva opuesta, la de los protóstomos. Y los equinodermos serán bichos acéfalos, descerebrados y todo lo que queráis, pero memos del todo no deben de ser cuando no existe en la mar ni en la tierra cazador más astuto, inmisericorde y contumaz que la estrella de mar. Que además sabe darse la vuelta, laboriosamente, cuando por casualidad cae de espaldas. Y los erizos también serán tontos, pero construyen a lo largo de su vida con sus púas, tras un agotador y programado trabajo, un nicho en la dura roca, hecho a medida, personal e intransferible, donde se guarecen y al que siempre regresan tras sus misteriosas excursiones nocturnas. Y además saben vestirse de camuflaje, pinchándose en sus púas trozo de algas de los alrededores. Y también salen zumbando —les hemos visto en nuestros acuarios presas de pánico— en cuanto intuyen la presencia de su enemigo secular, las estrellas de mar. ¿Y las apepinadas holoturias, que han establecido con otro animal la razón de convivencia más asombrosa, absurda e inexplicable que existe en biología? Veréis: en el intestino de la holoturia vive un pez, llamado fieraster, que sale por el ano de su hospedante a cazar presas, pues es carnívoro y, cuando ha saciado en el exterior su apetito, vuelve a entrar por el ano a descansar en las confortables entrañas de la holoturia. Pero como el que no es agradecido no es bien nacido, el fieraster entra al revés en la holoturia porque primero mete su cola, que es afilada, y así no molesta a su incomprensible y acogedor anfitrión. Más cortesía ni en un tratado de etiqueta, oye. Esta delirante convivencia, para la que la ciencia no encuentra explicación, tiene nombre propio: es un caso de *sinecia* y para de contar.

En fin, que me imagino que después de ver lo incongruentes que son nuestros archipámpanos y todo este lío que nos hemos traído hoy, por lo menos habrá quedado claro que lo de la cintura que lucen las *top model*, cintura de avispa, ¡manda carallo!, tiene poco que ver con la acepción correcta que enseña la anatomía. Y, lo más importante: que si tienen alguna gracia las *top* se la deben a la mar y a un pescado que se empeñó en ser el tajamar de la evolución.