

# ¿Por qué los animales no crecen indefinidamente?

por

Marta I. Saloña Bordas, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

## 1. Introducción

Una de las tendencias evolutivas más evidentes se ha basado en una tendencia a aumentar en tamaño y complejidad a lo largo de la historia natural de los seres vivos. Cuanto más grande es uno, más dificultades hay para ser cazado e ingerido. Sin embargo, un gran tamaño puede ser un problema serio para un animal, lo que condiciona fuertemente su adaptación al entorno y a tipos muy particulares de vida.

Las películas de ciencia ficción, nos suelen mostrar monstruos basados en ocasiones en especies animales existentes pero exageradas en su tamaño. ¿Es posible la reaparición de los grandes dinosaurios en nuestro planeta? ¿Podemos vernos atacados por arácnidos o insectos gigantes?

Cuando un determinado elemento es sometido a una fuente elevada de energía en un momento dado, puede reorganizar su estructura en formas geométricas puras (cristales) que mantendrán su forma, siempre y cuando no haya otra fuente de energía similar o superior que los desestabilice y permita su reestructuración. Este fenómeno natural nos ha dado las formas más hermosas y apreciadas por los seres humanos, los minerales. Sin embargo, ningún ser vivo puede alcanzar tamaña “perfección” en su forma. Quizá por ello, admiramos la pureza de sus formas y pagamos fortunas por algunas de las piezas más exclusivas que se han encontrado en yacimientos. Un cristal

alcanza esa perfección por un aporte extraordinario pero puntual de energía. Si el aporte energético continuara llegaría desestabilizarse y perder su belleza.

Pero es por ese proceso de desestabilización por el cual conseguimos captar la energía liberada y obtener la energía que nos permite mantenernos vivos. Así, a base de quemar otros elementos seguimos vivos. Así, pagamos fortunas tanto económicas (el combustible sube imparable pero seguimos llenando el depósito de nuestros vehículos) como ecológicas (polución y salud) por aquellos elementos cuya combustión nos da energía rápida y barata. Porque, para existir, los seres vivos nos encontramos en un continuo proceso de desestructuración y síntesis, de desestabilización y estabilidad; lo que nos mantiene dentro un orden muy particular, el orden natural. Es precisamente eso lo que nos hace ser y estar vivos. Por todo lo anterior, tal y como nos explica la termodinámica, todo sistema natural tiende al caos. No somos cristales y nuestra estructura corporal corre el continuo riesgo de desestabilizarse si no obtiene una fuente continua de energía. Prueba de ello es el enorme esfuerzo energético que me está suponiendo mantener un orden coherente en la presentación y defensa de los argumentos que avalan la tesis de que los animales no crecemos ni creceremos indefinidamente. Agotador.

Así es que volvamos al principio, al principio de la vida. Hace 4.500 millones de años, gracias a un proceso de alta inestabilidad en el planeta con importante aporte energético en la superficie, las primeras formas organizadas de vida se empezaron diferenciar dentro de un medio fluido, delimitándose por membranas semipermeables que permitían el paso de nutrientes para alimentar dicho orden. Nuestra existencia sólo fue (y es) posible gracias a grandes y continuos aportes de energía que obtenemos a partir de la respiración. Sólo así podemos mantener nuestro orden y romper con la amenaza de la termodinámica, evitar el caos. Necesito aire fresco, gracias, sigamos.

Dicho fenómeno sólo se ha documentado en un planeta circundante a una estrella que aporta día a día dicha energía, nuestro sol; en un planeta que de vez en cuando nos asusta con aportes extraordinarios de energía desde su magma interno, la tierra. A pesar de grandes inversiones, sigue sin encontrarse otro planeta donde este fenómeno parezca volver a repetirse. Sin embargo, gastamos fortunas en seguir encontrando otras formas de vida organizada fuera de nuestro planeta mientras en nuestro entorno abocamos a la desaparición (extinción) a miles de procesos evolutivos (especies animales y vegetales) cada año. ¿Irónico? Al menos preocupante.

Desde su origen, las primeras formas de vida fueron complicando y mejorando el diseño para adaptarlo a la resolución de nuevos problemas y nuevas

condiciones ambientales. Cuanto más complejo era un organismo, mayores dificultades para su desestabilización. Entramos en una carrera conocida como evolución donde todos los seres vivos empezamos a correr para mantenernos donde estábamos (paradoja de la Reina Roja inspirada en la aventura de “*Alicia a través del espejo*”). De las primeras formas procariotas (bacterias) pasamos a seres con el material genético protegido dentro de un núcleo (eucariotas); de los seres unicelulares aislados a las colonias y de ahí, el salto a la pluricelularidad que permitió la diferenciación de formas cada vez mayores y más complejas.

En ese proceso evolutivo, un grupo de animales opta por hacerse cada vez más grande. Cuanto más grande eres, mayores presas puedes comer o más dificultades tienes para que te coman. Además, si eres grande y hermosa, eres una buena candidata para tener descendencia grande y hermosa, los machos se pelearán por tí. Pero ser grande puede llegar a ser un problema; te mueves con más dificultad, necesitas más oxígeno para respirar y mantener el trabajo muscular de tu cuerpo a punto. En esa carrera evolutiva, se alcanzan los mayores tamaños conocidos en el período Paleozoico, hace aproximadamente 300 millones de años. Esta época de prosperidad exuberante para los vegetales permitió la existencia de especies animales que se hicieron grandes, muy grandes y abundantes, llegando a alcanzar dimensiones asombrosas. Así, por ejemplo, se conocen fósiles de libélulas que midieron hasta 75 centímetros de extremo a extremo de sus alas y los dinosaurios superaron los 20 metros de altura. Sólo un animal supera en la actualidad a los grandes reptiles del Jurásico, pero su existencia sólo es posible en el mar. Es la gran ballena azul (*Megaptera novaengliae*), una especie quizás extinta ya, pero no por problemas de tamaño sino por nuestra voraz persecución, acoso y derribo de uno de los mamíferos más emblemáticos que han poblado nuestros océanos. La razón por lo que las grandes formas animales sólo sobreviven en el mar, es la densidad y tensión superficial de la gran masa de agua, lo que permite la supervivencia de estos animales sin que se vean amenazados de aplastamiento por la acción de la fuerza gravitatoria que nos mantiene a todos sobre nuestro planeta. Fuera del agua, mueren pronto de asfixia; nuestros cuerpo precisan de esqueletos resistentes que eviten nuestra deformación, gruesos y pesados esqueletos que requieren de mucho trabajo y esfuerzo para ser movidos y de unos niveles de oxígeno que no se mantienen en la actualidad.

¿Qué permitió la existencia de esos grandes animales y que sucedió en nuestro planeta que abocó a su extinción a esas grandes formas animales? En consecuencia, ¿porqué los grandes monstruos presentados en numerosas películas de ciencia ficción serían inviables en nuestra planeta hoy día?

## 2. El reparto de funciones

Las primeras formas de vida debían realizar todas sus funciones a nivel celular. Así, una ameba explorará, detectará y fagocitará el alimento sin mayor complejidad estructural que la de su célula eucariota. Una simple división de su célula, y transmitirá su herencia genética a una nueva ameba. Un contacto con otra ameba, e intercambiará material genético para renovar la dotación genética de su población de amebas. Alta eficacia con un bajo gasto energético. Pero la ameba sólo puede optar a vivir en el medio en que se originó y evolucionó, el agua y a su nivel de complejidad estructural, el nivel unicelular. Su acceso al nuevo entorno al que sólo accedimos las plantas, hongos y animales les está vetado. Sólo pueden acceder al medio terrestre alojándose como parásitos dentro de nuestros cuerpos, viviendo y desplazándose siempre por medios fluidos, por nuestros fluidos corporales o por los de nuestro entorno natural. Su acceso a nuestro nivel de complejidad sólo le será posible si comparte y coopera con otras amebas.

¿Cómo pudimos hongos, plantas y animales abandonar el medio acuático donde nos originamos?

Con un alto coste energético, aumentando la complejidad de nuestro cuerpo y diferenciando regiones especializadas para llevar a cabo las distintas tareas que aseguran nuestra supervivencia; entre otras, aislar y evitar la pérdida de nuestra agua corporal por cubiertas impermeables. Esto sólo fue posible con un salto cualitativo fundamental; el paso de la condición unicelular a la condición pluricelular, el paso de la competencia a la cooperación celular. Trasladado a niveles superiores, el funcionamiento de sociedades complejas sólo es posible por la cooperación de sus integrantes; sin cooperación y solidaridad, cualquier sociedad está abocada al fracaso.

Cuando un cuerpo está constituido de numerosas células, cada grupo de células (tejidos) puede especializarse en una determinada tarea; por ejemplo, la de aislar y proteger a nuestro cuerpo contra la pérdida de agua corporal en un medio adverso como es la superficie terrestre. Pero no es esta la única función ni mucho menos la primera en diferenciarse. Volvamos por tanto a nuestra primera gran necesidad como seres vivos; los nutrientes para estructurar nuestro cuerpo y la energía precisa para mantenerlo en orden.

## 3. Autótrofos vs. heterótrofos

Dos fueron las tendencias evolutivas por las que optaron los seres vivos. Los primeros, conocidos vulgarmente como “vegetales”, sintetizan sus propios componentes orgánicos (autótrofos) y mantienen su estructura corporal

organizada gracias a fuentes externas de energía, bien de nuestra estrella conocida como “sol”, bien de fuentes internas del planeta que emanan en zonas específicas debido a la existencia de fisuras, fricciones entre placas y otros fenómenos geológicos. El resto de los organismos, incluidos los hongos, los de condición “animal” (heterótrofos) debemos obtener la energía a partir de la metabolización de los componentes orgánicos de otros seres vivos, bien “vegetales” (consumidores primarios) bien de otros animales (consumidores secundarios). Esta dependencia de otros seres vivos para captar los nutrientes que nos aseguren seguir existiendo, nos obliga a explorar continuamente el entorno; tanto para encontrar la fuente más apropiada de alimentación como para evitar ser la fuente de alimentación de otro heterótrofo. Como ambos elementos se encuentran fuera de nuestro propio organismo, los animales debemos estar en continua exploración de lo que sucede a nuestro alrededor, lo que asegura nuestra supervivencia y nos permite llegar a la condición de adultos para preservar nuestra identidad genética generación tras generación (*cf.* Teoría del gen egoísta).

#### 4. Los exploradores

Cuando la spora de un hongo tiene la suerte de caer junto a una fuente adecuada de alimento podrá crecer y colonizar grandes superficies, siempre y cuando se mantengan los aportes externos de alimento. Así, se dice que el mayor ser vivo que habita sobre nuestro planeta es un hongo que amenaza con destruir un inmenso bosque bajo el cual está creciendo y alimentándose. Cuando el bosque se agote y muera, ¿sobrevivirá el hongo? Difícilmente.

Los animales jamás alcanzaremos las dimensiones de semejante hongo, ni tan siquiera la de uno de los árboles que definen dicho bosque. ¿Qué nos limita e impide crecer indefinidamente? A diferencia del hongo, nuestra suerte no depende de donde caigamos “a comer”, dado que nuestra capacidad de explorar el entorno nos permite tomar decisiones tan comprometidas como cuando y donde caer a comer. Eso es posible gracias a nuestro modelo corporal, más complejo que el de cualquier hongo o vegetal.

En nuestro modelo evolutivo optamos por diferenciar tejidos especializados en explorar nuestro entorno, en decidir - entre otras muchas cuestiones - si lo que detectamos se puede comer o no; y en comerlo. Para explorar adecuadamente el entorno, los tejidos responsables de dicha exploración (sensorial) deben estar en contacto directo con el exterior, así es que los que asimilan el alimento deben optar por quedarse en el interior. Para alcanzar el alimento, precisamos de un tejido específico (muscular) que nos permita llegar hasta donde está la fuente de alimentación (o traerla hacia nosotros y

llevarla a donde pueda ser digerida). Esto complica nuestro diseño frente a un hongo o a un vegetal, dado que mientras éstos pueden expandirse tanto como sus nutrientes se lo permitan, nosotros debemos aprender a organizar ese sistema tan complejo que es nuestro cuerpo, a cooperar y a compartir a nivel celular desde el principio mismo de nuestro proceso evolutivo todos los beneficios que desarrollamos como seres pluricelulares, desde la información a los nutrientes. Los tejidos de fuera no tendrían energía suficiente para explorar sin los nutrientes asimilados por los tejidos de dentro y las células del interior difícilmente asimilarían el alimento si no obtuvieran la información precisa de lo que sucede fuera; y difícilmente llegaremos hasta el alimento si el músculo no recibe la energía precisa para trabajar adecuadamente, todo ello debidamente regulado por un sofisticado sistema de coordinación nerviosa y endocrina. Mientras un hongo o un vegetal pueden expandirse y crecer, aumentando al máximo la relación entre la superficie para captar el alimento (heterótrofos, hongos) o los nutrientes y la energía (autótrofos, vegetales) y el volumen de su cuerpo, un animal debe optar por minimizar la relación entre la superficie y el volumen corporal, al menos si desea aumentar al máximo la eficacia de su modelo corporal. A mayor volumen corporal menor relación entre la superficie del cuerpo y el volumen, con lo que se reduce la pérdida de agua y de calor corporal, aumentando la eficacia del modelo. Con el incremento del tamaño nos aseguramos la capacidad de capturar presas mayores y hacer más eficaz la captura del alimento por un lado y dificultamos nuestra captura por otros depredadores; en definitiva, comer y no ser comido, la clave del éxito de cualquier ser vivo.

## 5. Economizadores

Al reducir la relación entre la superficie corporal y nuestro volumen, minimizamos las zonas de pérdida de energía traducida en forma de calor corporal; esa parece ser la clave de nuestra tendencia evolutiva. Un cuerpo de crecimiento superficial, expansivo, disipa fácilmente la energía generada en su proceso metabólico (respiración); pierde calor que es disipado fácilmente por el medio circundante. Los animales evitamos, por diferentes estrategias, perder el calor corporal generado en nuestros procesos metabólicos. Dicho calor es fundamental para mantenernos activos y alertas, y gastarlo en nuestra ardua tarea de exploración. A menor relación superficie/volumen, mayor dificultad de perder el calor corporal. Probablemente, tanto por nuestra tendencia a aumentar en complejidad y por reducir la superficie de pérdida de calor, nuestros cuerpos tendieron a ser cada vez mayores, hasta que el modelo se colapsó y desaparecieron los grandes animales que poblaban el planeta. Hoy en día, los grandes animales están en clara regresión y nuestra presión

depredadora los está situando al límite de la extinción. Por otro lado, si la creciente deforestación sitúa los niveles de oxígeno atmosférico por debajo de nuestros valores de supervivencia, nuestra propia existencia corre grave peligro.

## 6. Ágiles

El alimento no espera a ser ingerido ni viene a las fauces de su depredador. En consecuencia, los animales, que nos vemos abocados por nuestro modelo evolutivo a ingerir el alimento dentro de una cavidad digestiva (recordemos que la parte externa se ha encargado de la exploración) hemos de diseñar modelos corporales que se desplacen con eficacia sobre el medio circundante y capturen aquello que deseen ingerir. Un animal grande es torpe en sus movimientos y requiere de gruesas estructuras esqueléticas que soporten su masa corporal, estructuras que demandan de un importante trabajo muscular para ser desplazadas, trabajo que se traduce en una importante demanda biológica de oxígeno (*DBO*). Así, a mayor tamaño y complejidad, mayor *DBO*. Las grandes formas animales necesitan mucho oxígeno, lo que se traduce en sistemas respiratorios muy eficaces pero también en altos niveles de oxígeno en la atmósfera. Si la atmósfera no posee esos niveles tan altos de oxígeno, las grandes formas animales están abocadas a la extinción. Todo apunta a que el nivel de oxígeno en la atmósfera fue aumentando paulatinamente a lo largo de milenios gracias a la labor fotosintética de los vegetales, que iban siendo cada vez más grandes, hasta alcanzar niveles superiores al 35% durante el Carbonífero y el Pérmico (*cf.* [1]). En la actualidad, los niveles de oxígeno se han estabilizado en torno al 21%, lo que imposibilita el mantenimiento de las grandes formas animales ya extintas. Con la acumulación de reservas vegetales en forma de troncos y la secreción de resinas por parte de las plantas leñosas, los niveles superiores a los valores actuales de oxígeno favorecen la aparición de fuegos espontáneos que se propagan fácilmente; dichos incendios consumen el oxígeno atmosférico, por lo que difícilmente volveremos a los valores del pasado. No hay base física que nos asegure que podamos superar estos niveles actuales de oxígeno, ni fisiológica que nos demuestre que nuestra supervivencia sea segura. Si a ello añadimos nuestra voraz afición por los recursos forestales (madera y suelo), nuestros sumideros naturales de oxígeno en la superficie terrestre están siendo agotados por nuestra avariciosa “gestión” de los recursos naturales. Con ello, los grandes animales han tocado techo y no superaremos el tamaño del elefante o de la jirafa sobre la superficie terrestre. No hay oxígeno suficiente en la atmósfera para asegurar la supervivencia de King Kong, de Nessie o del Yeti; menos aun de arácnidos gigantes que amenacen nuestra existencia. Pero ¿por qué las arañas y los insectos no

pueden alcanzar las dimensiones de un perro?

## 7. Exoesqueleto

Los artrópodos presentan un problema añadido que limita sus posibilidades de crecer indefinidamente. Su cuerpo está protegido por un exoesqueleto duro y rígido que se estructura en placas imbricadas por membranas articulares de quitina, fina, flexible y permeable, que les permite desplazarse y respirar sin perder su agua corporal. Este exoesqueleto se endurece por depósito mineral (carbonato cálcico) grueso, duro y pesado o bien por un proceso orgánico particular que permite cubiertas más finas, resistentes y ligeras (esclerosamiento). El primero proceso es apropiado para asegurarse un esqueleto pesado que les mantenga sobre el fondo sin ser arrastrado por las corrientes, óptimo en medios acuáticos; el segundo es imprescindible para asegurarse la liviandad precisa para correr, levantar el vuelo en medio terrestre o saltar más de 10 veces la longitud de su cuerpo. Las placas del esqueleto son movidas por fibras musculares que discurren por el interior de los tubos que forman sus patas y su cuerpo. Las alas son movidas por vibraciones del tórax producidas por las bandas musculares internas. A mayor tamaño precisarán de mayor desarrollo de este exoesqueleto, por lo que un artrópodo demasiado grande (superior a 20 centímetros de longitud) desarrollaría un exoesqueleto tan grueso que no habría masa muscular capaz de levantarlo del suelo (*cf.* [5]). Aun así, durante el Carbonífero y el Pérmico, hace 300 MA, los artrópodos alcanzaron dimensiones superiores a seres humanos en medios acuáticos y próximos a 1 m. en medio terrestre; sin embargo, sus restos fósiles no muestran gruesas extremidades para desplazar cuerpos de dimensiones tan espectaculares. La base del problema parece estar más centrada en la cuestión metabólica directamente relacionada con la *DBO* antes mencionada. Así, el músculo que debe desplazar cuerpos tan grandes demanda concentraciones de oxígeno mayores de las existentes actualmente en nuestra atmósfera para trabajar eficazmente. Si nos falta el oxígeno, el músculo pasa a rutas anaeróbicas (respiración en atmósferas sin oxígeno) menos eficaces desde el punto de vista energético. Los insectos consiguen volar gracias a que sus tráqueas llevan el oxígeno directamente a las células musculares del tórax, penetrando por pequeños orificios que poseen en los márgenes de las placas torácicas. Si el insecto fuera demasiado grueso, la protección de los tubos traqueales sería demasiado gruesa como para ser soportados por la estructura del animal y el oxígeno correría el riesgo de ser metabolizado antes de llegar a los músculos más internos, por lo que su respuesta no tendría la eficacia demandada y el insecto no podría conseguir energía suficiente para mover ágilmente sus articulaciones y alas. Por eso optaron por carreras evolutivas diferentes de las nuestras, ser

cada vez más pequeños y aun así alimentarse de presas mayores, como hacen los mosquito, los piojos, etc. Y no han sido los únicos. La carrera evolutiva hacia formas cada vez mayores se ha dado aisladamente en grupos muy concretos de animales; los mejor conocidos por ser los más evidentes a nuestros ojos. Pero hay todo un mundo microscópico animal que escapa a nuestra vista y que sobrevive porque su estrategia evolutiva ha sido, cuando menos, tan eficaz como la nuestra; probablemente mejor. Al ser tan pequeños, los depredadores no nos paramos ante ellos, no nos compensa el gasto energético que supone “cazar” un ácaro frente al beneficio energético que nos aporta, así es que los ácaros sobreviven y pueden llegar a alimentarse de nuestros tejidos (garrapatas, aradores, etc.) sin que sepamos como terminar con ellos.

Definitivamente ni el ser grande supone necesariamente mayores ventajas o mejores adaptaciones evolutivas, ni las condiciones ambientales actuales permiten la existencia de grandes formas animales, incluidas arañas o insectos del tamaño de un ser humano, que puedan amenazar nuestra existencia. Tanto la fuerza de la gravedad como los niveles actuales de oxígeno en la atmósfera impiden que grandes monstruos puedan hacer peligrar nuestro porvenir. Son nuestras propias acciones, la descontrolada deforestación que frena el suministro de oxígeno a la atmósfera, nuestras crecientes emisiones de contaminantes a los medios circundantes, nuestros niveles crecientes de insolidaridad que pueden abocarnos a una desestabilización global de nuestro modelo de desarrollo, lo que puede hacer peligrar seriamente nuestra propia supervivencia; en ningún caso la de los mosquitos, los ácaros o las chinches, que han demostrado claramente su capacidad de adaptarse y resistir a nuestras agresiones. Sin mencionar la inadecuada gestión de nuestras limitadas reservas de agua potable. Pasen Uds. una buena tarde, mañana, quizá sea otro día. Suerte.

## Bibliografía

- [1] D.J. Beerling, J.A. Lake, R.A. Berner, L.J. Hickey, D.W. Taylor and D.L. Royer, *Carbon isotope evidence implying high O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> ratios in the Permian-Carboniferous Atmosphere*, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66 (21), 3757-3767, 2002.
- [2] L. Carroll, *Alice through the looking glass*, Digital Scanning Inc., 2007.
- [3] R. Margalef, *La biosfera: entre la termodinámica y el juego*, Omega, 1980.
- [4] D. Thompson, *Sobre el crecimiento y la forma*, Blume, 1980.
- [5] A. Thanukos, *The Arthropod Story*, D.R. Lindberg, J. Scotchmoor and A. Janulaw coords., *Understanding evolution*, The University of California Museum of Paleontology and the National Center for Science Education, en

<http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/arthropodstory>.

**Marta I. Saloña Bordas**  
Universidad del País Vasco/  
Euskal Herriko Unibertsitatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Departamento de Zoología y  
Biología Celular Animal  
Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa  
e-mail: *m.salona@ehu.es*

