

LEONARD HAYFLICK

CÓMO Y POR QUÉ ENVEJECEMOS

ALBOR Master Gerontología Social



Herder

DEFINICIÓN DE ENVEJECIMIENTO

¿Cuán viejo sería uno si no recordase cuán viejo es uno?

SATCHEL PAIGE

Una de nuestras más tempranas experiencias de la niñez es que la mayoría de cosas que vemos o conocemos, incluidos los hombres y los animales, pero también los objetos inanimados, cambian o se deterioran con el paso del tiempo. Unos dan por supuesto el envejecimiento, aceptándolo como destino propio de la mayoría de cosas que son familiares y como consecuencia normal del paso del tiempo. Otros gastan una parte importante de su tiempo en actividades diseñadas a detener o a frustrar los mal aceptados efectos del envejecimiento en sí mismos y en quienes les rodean. Muchas de las cosas que están en nuestras casas o en los sitios de trabajo requieren ser protegidas, reparadas y renovadas con el tiempo. Otras cosas, en cambio, a medida que envejecen, tienden a ser consideradas más bellas y deseables.

Por lo que se refiere a objetos materiales, la mayoría de estragos del tiempo provienen de la oxidación, esto es, de la combinación de las moléculas que componen los objetos con el oxígeno atmosférico. En objetos que contengan hierro, al resultado de este fenómeno lo llamamos herrumbre, pero la avidez del oxígeno por otros materiales produce también cambios que asociamos con su envejecimiento. Otros cambios relacionados con la edad pueden atribuirse a cambios de temperatura, al agua, a la radiación, a un trauma, a microorganismos, a insectos. Si tenemos en casa animales de compañía, también en ellos vemos cambios. Nos hallamos literalmente rodeados por cosas animadas e inanimadas que van cambiando continuamente con el tiempo. El envejecimiento es un componente omnipresente de nuestro mundo material y vivo y, a la postre, nos damos cuenta de que el fenómeno también ocurre dentro de nosotros mismos.

El envejecimiento es la única afección fatal que todos compartimos. Los científicos desdeñaron durante mucho tiempo acometer investigacio-

nes en el campo del envejecimiento biológico, porque se juzgaba falto de interés o fundamentalmente intratable. Por fortuna, esta actitud ha cambiado durante estos últimos años, y en muchos países se han dedicado intensos esfuerzos a la comprensión del proceso del envejecimiento. Pero, para entender este proceso, necesitamos ante todo dar una definición de estos cambios que denominamos envejecimiento. Después de todo, como dice el aforismo francés, «la mayoría de problemas que afligen a la humanidad son una cuestión de gramática».

EDAD CRONOLÓGICA *VERSUS* EDAD BIOLÓGICA

El envejecimiento rechaza definiciones fáciles, por lo menos en términos biológicos. No es el simple paso del tiempo; es la manifestación de acontecimientos biológicos que ocurren durante un lapso de tiempo. No hay una perfecta definición de qué pueda ser el envejecimiento, pero, como sucede con el amor y la belleza, la mayoría de nosotros nos enteramos de lo que es cuando lo experimentamos o cuando lo vemos. Todos reconocemos a una persona anciana simplemente con verla, y algunos son hasta expertos en acertar la edad cronológica de los demás. Sin embargo, las determinaciones subjetivas basadas en apariencias son a menudo erróneas y, lo que es más importante, la edad en años no se corresponde directamente con la edad biológica. Lo que se requiere es una medida de algo biológico que cambie a modo de función según van pasando los años; una medida que distinga la edad biológica de la edad cronológica. Esta distinción es crucial.

El conocimiento científico avanza sólo cuando, de algún modo, podemos medir o contar cosas. Podemos determinar la edad de un tronco de árbol contando los anillos anuales y la edad de algunos peces contando las capas de escamas, pero no disponemos de medidas fiables para determinar la edad biológica de los humanos y ni siquiera de la mayoría de animales. Evidentemente, en el caso de los humanos, disponemos de los certificados de nacimiento, pero, aun cuando sean fiables, sólo especifican un punto en el tiempo. La edad cronológica mide cuánto tiempo, cuántos años han pasado desde este punto. Nos dice cuándo hay que celebrar el cumpleaños y qué número debemos decir cuando se nos pregunta la edad, pero para los gerontólogos el envejecimiento es cronológico sólo en sentido legal o social. El

tiempo en sí no produce ningún efecto biológico. Los acontecimientos ocurren *en* el tiempo, pero no *por* el paso del tiempo. Los acontecimientos biológicos que siguen después del nacimiento acontecen en tiempos distintos y se producen con ritmos distintos en cada uno de nosotros.

Cuando observamos con sorpresa que alguien «parece joven» (o mayor) por la edad cronológica que tiene, estamos observando que todos envejecemos biológicamente a *distinto ritmo*. Los gerontólogos disponen de muchas pruebas científicas que muestran que esta diferencia aparente es real. Probablemente se debe a que los cambios relacionados con la edad empiezan en distintas partes del cuerpo en tiempos distintos y a que el ritmo de cambio anual varía según las distintas células, tejidos y órganos, y hasta según las personas. A diferencia del paso del tiempo, el envejecimiento biológico, a veces denominado envejecimiento funcional, desafía cualquier medición fácil. Lo que nos gustaría es disponer de uno o de unos pocos cambios biológicos mensurables que reflejaran el resto de cambios biológicos sin referencia alguna al paso del tiempo, de modo que pudiéramos decir, pongamos por caso, que alguien con una edad cronológica de ochenta años tiene una edad biológica o funcional de sesenta años. Este tipo de medida ayudaría a explicar por qué una persona de ochenta años de edad tiene muchas más cualidades juveniles que otra también de ochenta años, que posiblemente tiene una edad biológica de ochenta o hasta noventa años.

En términos de envejecimiento, nos parecemos a una tienda de relojes. Cada uno de nuestros tejidos y órganos se comporta como un reloj cuyo escape produce un tictac que suena a destiempo de cualquier otro. Ésta es la razón por la que una persona con una determinada edad cronológica puede ser considerada más joven que otra mayor *biológicamente*, según sea el promedio del adelanto o del retraso de los tictacs de todos sus relojes. Conocer nuestra edad biológica sería mucho más informativo que conocer nuestra edad cronológica, pero, desgraciadamente, no disponemos de medio alguno de medirla.

Y no es por no haberlo intentarlo. Los gerontólogos han seguido la pista de diversas mediciones biológicas para humanos a lo largo del tiempo con la esperanza de que los cambios observados pudieran predecir el ritmo de envejecimiento. Han medido el color del cabello, la longitud de la oreja, la fuerza de sujeción del brazo, el funcionamiento del corazón, la capacidad de ejercicio y docenas de otras variables más. Ninguno de estos estudios ha establecido una medición infalible de la edad biológica, por

lo menos por una importante razón: hay demasiada variabilidad individual en los potenciales indicadores del envejecimiento. Incluso en el momento de nacer tienen los humanos tantas diferencias en tal cantidad de variables que es imposible medirlas. Frecuentemente, las diferencias no mantienen relación con la edad. Es como si cada uno de nosotros empezara la carrera del envejecimiento con los pies pisando una línea distinta de salida. Por ejemplo, las mujeres son por lo general de menor envergadura que los hombres y, por consiguiente, tienen una menor capacidad vital. (La capacidad vital se mide como el volumen de aire que uno puede obligarse a exhalar después de una inspiración profunda.) Con todo, las mujeres viven normalmente más que los hombres, de modo que la medida de la capacidad vital es obviamente inútil como indicador del ritmo de envejecimiento biológico o funcional.

Una mejor manera de determinar el envejecimiento biológico o funcional podría ser medir la cercanía de la muerte en función de un cambio biológico relativamente temprano. Evidentemente, la población estudiada debería estar enteramente formada por personas que murieron de causa conocida, y el cambio biológico debería ser función del envejecimiento, no de una enfermedad o de un estilo de vida. Análisis retrospectivos sobre poblaciones humanas han conseguido determinar con éxito algunas variables que han tenido valor predictivo para la amenaza de muerte. Este tipo de estudio se denomina *análisis del factor de riesgo*. Con este método, se ha mostrado que los fumadores, por ejemplo, tienen una esperanza de vida menor que los no fumadores o los que dejaron el tabaco. Se trata de una información valiosa, pero no nos dice nada significativo acerca del ritmo de envejecimiento. Los fumadores no envejecen con más rapidez que los no fumadores; simplemente se mueren antes por término medio.

Incluso si existiera una manera adecuada de determinar la edad biológica, saber la edad biológica de una persona podría tener sus pros y sus contras. Podría dar lugar a sorprendentes celebraciones de cumpleaños. Imagínese qué cosa tan divertida sería que usted celebrara su quincuagésimo aniversario cronológico sabiendo que biológicamente sólo tiene cuarenta y cinco años. Pero esta misma fiesta sería bastante triste si supiera que cronológicamente tiene cincuenta años y biológicamente sesenta. Maridos y mujeres podrían descubrir que, pese a que uno es cronológicamente más viejo que el otro, sus correspondientes edades biológicas están invertidas. ¡Podríamos incluso ver a hijos adultos que fueran biológicamente más viejos que

sus padres! ¿Deberían basarse la edad de la jubilación y las primas de seguros en la edad biológica y no en la cronológica? Si fuera así, podría obligarse a una persona a retirarse o a incrementar la prima del seguro a sus cincuenta años, y a otras, en cambio, a los ochenta, o más. Estas en principio extrañas situaciones serían más que probables si alguna vez se llegara a descubrir un indicador biológico fiable que pudiera demostrar que uno es mucho más joven o más viejo biológicamente de lo que es cronológicamente.

De hecho, hay indicadores biológicos bastante fiables de la edad en algunos animales y plantas. Con todo, estos indicadores nos señalan no el ritmo de envejecimiento, sino sólo el paso del tiempo. Ambas cosas están relacionadas, evidentemente, pero el paso del tiempo no mide el ritmo de envejecimiento. El ejemplo más conocido de indicador biológico en el reino vegetal son los anillos del crecimiento que aparecen anualmente en los árboles leñosos. Anillos o marcas dependientes del tiempo se ven también en algunos animales. En los mamíferos, las marcas en los dientes de las focas y en los cuernos de ovejas, cabras y caribús se utilizan para determinar su edad cronológica. La cera de los oídos de las ballenas posee también zonas de crecimiento dependientes del tiempo. No se han hallado marcadores dependientes del tiempo en pájaros, lo cual es una de las razones que explican por qué se usa la técnica del anillado de pájaros. Se han hallado zonas de crecimiento en los huesos de serpientes y otros reptiles y en las capas anuales que forman las escamas de muchas especies de peces. El número de radios de la aleta ha sido utilizado para calcular la edad del bagre y del esturión. Entre otros signos que se presentan en algunos animales de manera regular a lo largo del tiempo, se incluyen marcas en las conchas y en los otolitos, que son piedras finas encontradas en el balanceo del oído interno.

Los humanos no poseemos ningún indicador de este tipo, razón por la cual debemos fiarnos de los certificados de nacimiento y demás documentos escritos, de los testimonios orales o de la memoria para establecer la edad cronológica.

LONGEVIDAD, ENVEJECIMIENTO Y MUERTE

Cualquier consideración seria del envejecimiento biológico debe definir cada uno de los tres fenómenos que caracterizan la finitud de la vida. Son éstos la longevidad, el envejecimiento y la muerte.

La *longevidad* es el período de tiempo que puede esperarse que un animal viva, supuestas las mejores circunstancias. Para los recién nacidos humanos, el promedio de longevidad (esperanza de vida) en países desarrollados se sitúa en torno a los setenta y cinco años, mientras que la longevidad máxima (duración de la vida) es de unos ciento quince años. La cuestión esencial acerca de la longevidad es «¿por qué vivimos el tiempo que vivimos?».

El *envejecimiento* representa pérdidas en las funciones normales, cosa que ocurre tras la maduración sexual y que continúa por todo el tiempo de longevidad máxima para los miembros de una especie. La cuestión esencial sobre el envejecimiento es «¿por qué nos hacemos viejos?».

La *muerte* es el evento final con que acaba la vida. No es, como un bromista dijo, la manera que tiene la naturaleza de decirnos «tómame las cosas con calma». La cuestión esencial sobre la muerte es, evidentemente, «¿por qué morimos?».

En principio, no debemos relacionar la muerte con el envejecimiento. Por ejemplo, la muerte de un niño por accidente o por una enfermedad infecciosa no está relacionada con el envejecimiento. La muerte se vincula al envejecimiento en el sentido de que, con la edad, aumenta la probabilidad de morir para los miembros de una especie. La calificación de «todos los miembros de una especie» es importante porque ciertos subgrupos pueden morir antes de que tengan la oportunidad de envejecer. Por ejemplo, la brusca elevación de la tasa de mortalidad en los jóvenes no tiene nada que ver con el proceso del envejecimiento; tiene que ver directamente con los accidentes de automóvil y, en algunas comunidades, con los homicidios.

¿QUÉ EDAD TENEMOS, REALMENTE?

Esta pregunta puede parecer una tontería. La mayoría de nosotros sabemos bien nuestra fecha de nacimiento, tan bien como sabemos nuestro propio nombre. Sin embargo, en muchos países subdesarrollados muy a menudo la fecha de nacimiento es desconocida. En China, por otro lado, incluso la gente analfabeta sabe decir con precisión la fecha de nacimiento. Los chinos, sin embargo, creen que ya tienen un año de edad cuando nacen y determinan su edad de acuerdo con un calendario lunar, lo cual

hace que con mucha frecuencia se cometan errores al calcular la edad de un chino siguiendo el calendario solar occidental o la de un occidental siguiendo el calendario chino. (Un mes lunar tiene 29,5 días. Por ello, un año lunar de doce meses pierde muy fácilmente la sincronización con un año solar de 365,25 días. Para compensarlo, los chinos insertan un mes lunar extra a intervalos irregulares, con lo que el año al que se añade un mes se considera bisiesto.)

Incertidumbres parecidas sobre la edad ocurren cuando nos paramos a pensar qué es lo que en nuestro interior es un año más viejo en cada cumpleaños. Ordinariamente, no pensamos en el envejecimiento de nuestras células, sino más bien en cómo nos relacionamos con nuestra familia y con los amigos, o en lo que creemos que la sociedad espera de uno que tenga nuestra edad. Pero si usted dice figuradamente que no es la misma persona que era hace cinco o diez años, dice usted literalmente la verdad. Todos estamos compuestos por miles de millones de células individuales y de los productos que se derivan de ellas. La mayoría de las células que existen ahora en nuestro cuerpo no existían cinco o diez años atrás. En realidad, algunas ni siquiera existían anteaer.

Hay por lo menos tres tipos de tejidos en los que las células se encuentran en un estado constante de división: la piel, las células que forman el tracto digestivo y las que constituyen los glóbulos blancos y rojos de la sangre. Muchas células de estos tejidos se dividen cada día, y las células viejas sencillamente quedan descartadas. Las células viejas de la piel de su parte más externa se pierden en última instancia por el ambiente. Las células viejas del intestino se pierden por el tracto digestivo (sí, ¡somos caníbales que nos devoramos a nosotros mismos!) y las células viejas de la sangre son literalmente comidas por otras células llamadas fagocitos. Las células de otros tejidos son sustituidas por otras nuevas (un proceso llamado *turnover*, recambio) a una escala de tiempo más amplia.

Dos clases importantes de tejidos se componen de células que no se dividen ni renuevan. Son las células nerviosas (expandidas por todo el cuerpo, incluido el cerebro) y las células del esqueleto y de los músculos del corazón. La mayoría de células del cerebro y de las células musculares que vamos a poseer durante toda nuestra vida están presentes cuando nacemos, o algo después, y no se dividen ya más. Músculos, corazones y cerebros se hacen más grandes después del nacimiento en parte porque las células que los constituyen aumentan de tamaño (no de número) y en parte porque

otras células que rodean las neuronas y las células musculares se dividen, contribuyendo a aumentar su tamaño.

Si muchas de nuestras células se renuevan en menos de diez años, entonces, ¿qué edad tenemos, *realmente*? En última instancia, las células que se renovaron durante los diez últimos años desaparecieron y otras nuevas pueden haberlas reemplazado varias veces, de modo que nuestras células actuales son posiblemente más jóvenes que las células que existían hace una década. La mayoría de células nuestras no nos acompañan de la cuna a la tumba, de modo que no somos realmente la misma persona que éramos hace unos cuantos años, tanto figurada como literalmente. La mejor respuesta a la pregunta «¿qué edad tenemos, realmente?» es que somos tan viejos como nuestras células más viejas: aquellas neuronas y células del esqueleto y las musculares con que nacimos y que todavía tenemos. ¡Cuando usted celebre el próximo cumpleaños, la precisión exige que celebre el cumpleaños sólo de sus células nerviosas y musculares y de los productos celulares que no haya usted reemplazado!

Pero antes de planificar esa extraña fiesta del cumpleaños de sus neuronas y de sus células musculares, voy a añadir otra complicación. Aunque todos estemos compuestos de células individuales y de productos suyos, las células en sí mismas se componen de otras unidades menores, llamadas moléculas, las cuales, a su vez, se componen de átomos. La complicación está en que las moléculas pueden «recambiarse», o ser sustituidas, como resultado de procesos metabólicos normales, sin que las células individuales que ellas componen sean sustituidas. Lo que sucede en una célula vieja es análogo a lo que podría suceder en un coche viejo: si en el coche se ha cambiado *cada uno* de sus componentes, ya no es el mismo coche viejo. Si en la célula se ha cambiado *cada una* de sus partes componentes ya no es la misma célula vieja. Las neuronas con que nacimos parecen ser hoy las mismas células, pero en realidad muchas de las moléculas que las componían cuando nacimos (a excepción del ADN) pueden haber sido sustituidas por otras moléculas nuevas. De modo que, en definitiva, ¿es posible que las células que no se dividen no sean tampoco las mismas con las que nacimos!

Es probable que en las células que no se dividen también haya recambio hasta cierto punto, aunque, excepción hecha del caso del ADN, no tenemos prueba alguna de que sea completo. Si la mayor parte de las moléculas de las células de nuestros nervios y músculos se renuevan, entonces

se hace difícil que podamos celebrar nuestro cumpleaños, por dos razones. En primer lugar, si se ha producido el recambio de casi todas las moléculas —menos unas pocas— de todas sus células, entonces hoy es usted literalmente otra persona. En segundo lugar, todas sus moléculas, tanto las que han sufrido el recambio como las que no, se componen de unidades más fundamentales llamadas átomos, la mayoría de los cuales han permanecido siendo los mismos desde que se formó nuestro planeta. Usted y yo representamos simplemente reordenaciones únicas de viejos átomos que siguen siendo los mismos hace miles de millones de años. Estamos en verdad compuestos por átomos que tienen una edad de miles de millones de años. ¡Realmente podríamos decir que somos inmortales! En este sentido, tenemos todos miles de millones de años, sin que para nada importe el año en que nacimos, por lo que celebrar cumpleaños es absurdo.

En compensación parcial por la pérdida de las celebraciones de cumpleaños podemos tener en cuenta el siguiente beneficio: los átomos de nuestro cuerpo pueden haber formado parte del cuerpo de alguien que murió hace ya mucho. Ésta es la única base científica para creer que nosotros, los vivos, representamos una forma de reencarnación. Cuando morimos nuestros átomos se disipan en el medio y algunos, quizás, formarán parte de otro ser humano dentro de una continuada pauta de reciclaje de átomos. Podríamos decir que ésta es la prueba científica de vida después de la muerte; nuestros átomos son inmortales, pero nosotros, como individuos, no. Con la muerte nuestro concepto de yo desaparece para siempre, independientemente de dónde procedan nuestros átomos o a dónde vayan a parar.

El intento de definir con precisión la edad de un organismo vivo puede obviamente dejar perpleja a la mente. Lo mejor que puede usted hacer, si insiste en precisar las cosas meticulosamente, es celebrar el nacimiento de todas sus células muertas, porque, aunque éstas no existen ya, de ellas se generan los linajes celulares cuya criatura es hoy día usted.

UNOS ANIMALES ENVEJECEN, OTROS NO

Evidentemente, el animal sabe. Pero ciertamente no sabe que sabe.

TEILHARD DE CHARDIN

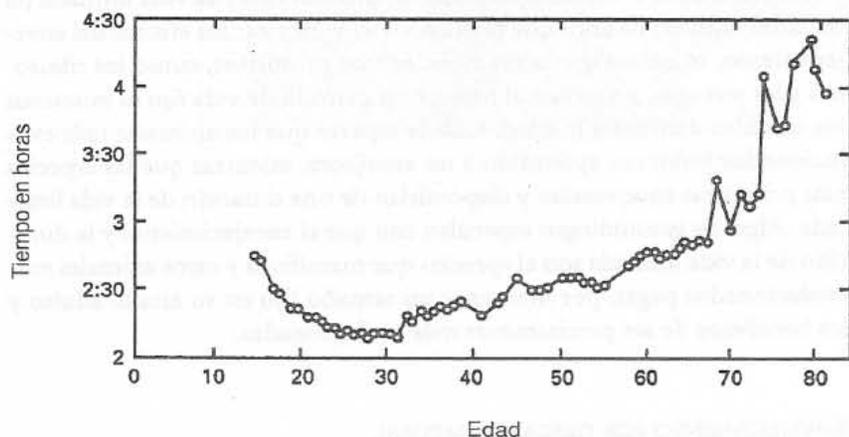
No es inusual ver a un anciano, mientras que animales viejos sólo podemos verlos en cautividad. Por lo común, los animales muestran claros cambios relacionados con la edad sólo cuando los hombres han intervenido en sus vidas. Hacemos posible que los animales del zoo, los animales domésticos y nuestras mascotas envejezcan protegiéndolos de los predadores y de enfermedades, que, en estado salvaje, los matarían antes de que tuvieran la oportunidad de experimentar importantes cambios debidos a la edad. En muchos casos hemos criado animales cautivos (y plantas) de un modo tal que no les habría permitido sobrevivir en estado libre. A diferencia de los animales que escogemos con intención de protegerlos, los animales salvajes no envejecen, por lo menos no en la medida en que lo hacemos los humanos. Los animales salvajes no alcanzan por lo común una edad muy avanzada y ni siquiera lo que en los humanos llamamos edad madura. De este modo, los animales salvajes son como los humanos antiguos o prehistóricos que raras veces veían, si es que la veían, a una persona anciana. De los 300 hombres de Neanderthal hallados, sólo uno se trata quizá de una mujer posmenopáusica.

La naturaleza comienza a eliminar a los animales que viven en estado libre justo cuando empiezan a mostrar signos de envejecimiento y las pérdidas o debilidades funcionales asociadas. Con los años, los animales en estado libre no saltan ni corren ni ven tanto ni reaccionan tan rápidos como antes. La muerte puede llegar por inanición, cuando un animal envejecido comienza a tener menos facilidad para hallar comida, ya sea por enfermedad, a medida que su sistema inmunitario pierde eficiencia, ya sea porque es devorado cuando su habilidad para eludir la captura disminuye. Los animales salvajes mueren bastante antes de que alcancen lo

que podría compararse con la edad madura o la vejez en los humanos. Muchas funciones empiezan a debilitarse después de que los animales, incluidos los humanos, alcancen la maduración sexual. Estas debilidades comienzan a aparecer en los humanos hacia los veinticinco años de edad o hacia los treinta. La fuerza y la coordinación neuromuscular alcanzan su punto álgido en los humanos hacia los diecinueve o los veinte, y luego declinan; ésta es la razón por que la edad de los velocistas con marcas mundiales giro en torno a los veinte años. La resistencia, por otro lado, alcanza su nivel más alto entre los veinte y los treinta años, lo cual explica por qué los récords de maratón los consiguen atletas que tienen veinte y muchos o treinta y pocos años y raramente atletas más jóvenes o más viejos.

Los investigadores han estimado que, cumplidos los treinta, hay un lento porcentaje de pérdida de la velocidad por año (figura 2.1). Sin embargo, la variabilidad individual es muy grande. Un hombre sano de cuarenta años puede tardar desde dos horas y media a más de dos días en correr un maratón de cuarenta y dos kilómetros y ciento noventa y cinco metros.

FIGURA 2.1 Tiempos de récords mundiales de maratón para varones con 10 a 79 años de edad



FUENTE: James F. Fries y Lawrence M. Crapo, *Vitality and Aging*, en *Runner's World*, 1980, W. H. Freeman and Co., San Francisco 1981. Con permiso de impresión.

Son muchas las pruebas en que se apoya el hecho de que no sólo el vigor físico sino también otras fuerzas menos aparentes, como la capacidad de resistir enfermedades y la capacidad fisiológica de muchos de los órganos principales, alcanzan el punto álgido y luego decrecen en los humanos y en otros animales muy poco después de la maduración sexual.

Si usted tiene un animal doméstico y lo protege de sus predadores, de enfermedades y de morir por inanición, este animal va a tener vejez, algo de que no habría gozado por sí mismo. Manipulando el orden natural de la vida incivilizada, hemos eliminado de modo similar nuestros propios predadores y la mayoría de enfermedades de la niñez, de manera que vivimos más. Este éxito nos obliga a experimentar los cambios biológicos del envejecimiento. Aunque pueda parecer extraño, envejecer, por lo menos en su manifestación extrema, es un artefacto de la civilización. La naturaleza planificó las cosas de modo que muriéramos bastante antes de hacernos viejos. Si usted cree que la naturaleza hace las cosas con un propósito, entonces el envejecimiento es un fenómeno que la naturaleza nunca pretendió que experimentáramos. En este sentido, los esfuerzos por alargar la vida son en verdad intentos de engañar a la Madre Naturaleza.

ANIMALES QUE NO ENVEJECEN

Los animales que alcanzan un tamaño fijo cuando son adultos —incluidos los humanos, el resto de mamíferos y los pájaros— *envejecen*. Pero algunos animales parecen no envejecer en modo alguno, incluso cuando son protegidos por los humanos. Si lo hacen, su envejecimiento se produce a un ritmo tan lento que no ha podido demostrarse de manera convincente. Estos animales aumentan de tamaño indefinidamente; su crecimiento puede lentificarse a medida que pasa el tiempo, pero aparentemente no se detiene.

Los animales que no envejecen tienden a ser los de especies más primitivas. Ejemplos típicos son las langostas y muchas —no todas— clases de peces (esturiones, tiburones), anfibios (cocodrilos) y reptiles (la tortuga Galápagos). Estos animales experimentan un pico en sus funciones fisiológicas en un determinado momento posterior a su maduración sexual, pero, aunque continúan creciendo, estas funciones no parecen disminuir. El ejemplo clásico de crecimiento indefinido asociado con ausencia de enve-

crecimiento es el pez llamado platija (*flounder*, en los Estados Unidos, y *plaice* en Inglaterra). La hembra crece indefinidamente y no experimenta cambios relacionados con la edad, pero el macho alcanza un tamaño fijo y envejece. La razón de esta diferencia es un misterio.

Cuando están bajo protección de los humanos, que es posible que los pongan en zoos o acuarios, los animales que no envejecen simplemente crecen de tamaño sin que a simple vista parezcan más viejos. Crecimientos parecidos ocurren en estado libre. Nuevas capturas, en diversos deportes de pesca, rompen a menudo récords anteriores por lo que se refiere al tamaño y al peso en especies de peces y anfibios. Cuanto más duran los récords, tanto más se desarrollan al parecer estos animales que no envejecen, de modo que podemos esperar que los récords van a ir a más.

La tortuga Galápagos puede vivir ciento setenta y cinco años, el esturión ochenta y dos años y la carpa cincuenta. Hay langostas que han alcanzado casi los 20 kilos de peso, en un momento en que probablemente tenían entre cincuenta y cien años de edad. Mientras que los animales que envejecen experimentan un aumento del tiempo de reacción, las langostas «viejas» cierran sus pinzas con igual rapidez independientemente de la edad cronológica que tengan. Si los miembros de estas especies van creciendo más y más en tamaño sin envejecer, ¿por qué no viven para siempre y alcanzan un tamaño gigantesco? Ni viven para siempre ni se convierten en gigantes, porque igual que los animales que envejecen, están siempre sometidos al azar de morir por un accidente, una enfermedad o una captura. Aunque no se produzca envejecimiento y el paso del tiempo no aumente su vulnerabilidad a la enfermedad, al accidente y a la captura del predador, no son en realidad invulnerables. Es posible que sus sistemas vitales no disminuyan, en forma que pueda medirse, su función tras la maduración sexual, pero esto precisamente hace que sean menos proclives a morir por las mismas causas que los animales cuya vulnerabilidad aumenta con la edad. Los animales de tamaño indeterminado viven más, pero no son inmortales.

Algunos han sostenido que la anémona de mar es inmortal, pero no es verdad. La afirmación se basa en un célebre grupo de anémonas de mar conservadas en un acuario en el departamento de zoología de la universidad de Edimburgo, desde 1862 hasta su misteriosa muerte acaecida en 1942. Las anémonas de mar son colonias de animales individuales y se comportan como una colonia de células. De otras colonias animales, como el coral, se creyó un tiempo que eran longevas y hasta inmortales, pero en

la actualidad podemos distinguir entre la mortalidad de los individuos de una población y la inmortalidad de la población entera. Las células de anémona *individuales* son mortales, pero la *población* como un todo puede ser inmortal. Lo mismo pasa con los humanos.

Para los animales que envejecen, la probabilidad de morir *aumenta* cada año de vida después de que la descendencia ha alcanzado su independencia. En nuestro caso, esto empieza hacia los treinta años. A diferencia de lo que nos pasa a nosotros, los animales que no envejecen tienen igual probabilidad de morir cada año conseguida ya su maduración sexual. Para un animal sin envejecimiento, la vida es algo así como un juego en que una moneda lanzada al aire por Nochevieja decide el destino del animal para aquel año. Si cara significa vida y cruz muerte, aunque un animal tenga una probabilidad del 50% de que le salga cara por Nochevieja, es muy improbable que esto sea verdad cada año y para siempre. Por cada año que consigue huir de la muerte, el animal aumenta de tamaño y envejece algo, si lo hace. Pero el animal no es inmortal; es de todo punto seguro que, supuestos suficientes años y suficientes lanzamientos de monedas, en definitiva acabará saliendo cruz.

Parece propio de los mamíferos, una de las líneas animales más tardías y complejas de la evolución, disponer de una duración de vida limitada (el máximo número de años que pueden vivir) y mostrar los efectos del envejecimiento, mientras que otras especies más primitivas, como los tiburones y las tortugas, no tienen al parecer un período de vida fijo ni muestran los cambios debidos a la edad. Cabría esperar que los animales más evolucionados hubieran aprendido a no envejecer, mientras que las especies más primitivas envejecerían y dispondrían de una duración de la vida limitada. Algunos gerontólogos especulan con que el envejecimiento y la duración de la vida limitada son el «precio» que mamíferos y otros animales más evolucionados pagan por mantener un tamaño fijo en su estado adulto y los beneficios de ser precisamente más evolucionados.

ENVEJECIMIENTO POR DESGASTE NATURAL

Hay, con los años, una pérdida insólita de funciones en algunos animales, que puede ser vista, o no, como un indicador biológico de envejecimiento. Se parece «al desgaste» que sufren algunos de los componentes

vitales de una máquina, cosa que, en última instancia, lleva a su fallo. Algunos animales —el elefante africano, la mangosta, algunos carnívoros de gran tamaño y el ganado doméstico— van perdiendo los dientes de modo que les es imposible comer y se mueren de inanición. (Mi opinión es que los animales en estado salvaje mueren por otras causas antes de que lo hagan por desgaste total de sus dientes.) Puede discutirse si este fenómeno debiera ser considerado una forma de envejecimiento: aparte de la erosión de dientes, es posible que el animal no muestre ninguna otra pérdida de sus funciones fisiológicas peligrosa para su vida. Es posible alargar la vida de algunas cabezas de ganado premiadas, por las que pueden pagarse precios muy elevados como sementales o productores de esperma para inseminación artificial, adaptándoles dentaduras. Y al contrario, no puede ahorrarse a un animal viejo el proceso de envejecimiento sustituyendo o corrigiendo sólo uno de sus órganos o tejidos desgastados.

Se ha pensado que tipos análogos de desgaste natural ocurren en órganos animales y humanos, tanto en las células que los componen como en los constituyentes de las células mismas. Ésta es una de las ideas que dio origen a la teoría del envejecimiento por «desgaste natural», de la que trataremos en el capítulo 15.

ANIMALES QUE SE REGENERAN

Algunos animales inferiores son capaces de regenerar partes considerables de su cuerpo. Esto complica enormemente el proceso de asignar una edad al animal. La regeneración del mismo órgano puede producirse varias veces, con el resultado de que ciertas partes del animal son más viejas que otras. ¿Habrá que tener en cuenta las partes «reparadas» más recientemente a la hora de determinar la edad del animal?

REPRODUCCIÓN EN *BIG BANG* Y ENVEJECIMIENTO

En varias formas de vida, el envejecimiento se presenta de forma súbita y sigue inmediatamente a un único estallido de actividad reproductora. En el reino vegetal, vemos esto del modo más claro en las plantas anuales. Al final del período de desarrollo, la planta florece, produce y disemina

semillas, luego envejece rápidamente y muere. Un fenómeno parecido ocurre en el reino animal, pero sólo en unas pocas especies: lampreas, calamares y ciertos peces, incluidas las anguilas. Uno de los ejemplos más espectaculares de reproducción en *big bang*, seguida de envejecimiento y muerte, la vemos en el salmón del Pacífico, que tras la freza se convierte en una versión fea y distorsionada de lo que era antes. Signos externos evidentes de envejecimiento son una espalda encorvada, una mandíbula en forma de pico y una piel moteada cubierta de manchas de hongos que empiezan a devorar su carne. El catálogo de cambios internos es igualmente enorme: rápido deterioro en casi todos los órganos, incluidos estómago, hígado, bazo, timo, tiroides, pituitaria, riñón y sistema vascular. Esto ocurre en cinco especies tanto de salmón del Pacífico como de salmón del Atlántico. Se cree que todos estos acontecimientos se deben a cambios prematuros debidos a la edad. Sin embargo, la interpretación de estos hallazgos no está libre de controversia.

Después de vivir el salmón dos o tres años en el océano, un mecanismo desconocido desencadena su vuelta al río que le vio nacer. La localización y el funcionamiento de su sistema de navegación continúa siendo un misterio. El salmón no descansa ni come una vez que penetra en las aguas dulces del río. Sólo tiene un objetivo: hallar la región específica en las fuentes del río donde se dan las condiciones favorables para el desove. Tras la freza, el salmón envejece rápidamente y se muere. La cuestión de qué desencadena el rápido proceso de envejecimiento ha sido tema de muchas investigaciones, y aunque la respuesta no se conoce con certeza, disponemos de pistas interesantes.

Un posible desencadenante del proceso de envejecimiento en el salmón migratorio podría ser el cambio de las aguas salinas del océano por las dulces del río. Una vez entrado en el río, el pez no come, pero gasta una enorme cantidad de energía remontando los rápidos y navegando río arriba hacia el lecho del desove. Esta combinación de inanición secundaria y esfuerzo supremo bien podría ser uno de los desencadenantes. La evidencia contra ambas teorías la suministra el salmón «kokanee», una especie de salmón rojo que vive siempre en el agua dulce de lagos de tierras adentro, pero que también sufre idéntico proceso de envejecimiento rápido tras el desove, igual que el salmón del Pacífico. El desencadenante más probable del rápido envejecimiento del salmón es cierto cambio hormonal en las glándulas suprarrenales, que descansan en la superficie del riñón. Cuando el pez

nada río arriba, las suprarrenales crecen hasta un tamaño enorme, igual como la glándula pituitaria en el cerebro del pez. Las glándulas suprarrenales agrandadas producen un exceso de hormonas llamadas corticosteroides. (En los humanos, hay una situación, llamada síndrome de Cushing, en la que ocurre una producción excesiva similar de esteroides, pero sus manifestaciones clínicas no son típicas del envejecimiento.) Parece que el aumento de nivel de hormonas esteroides desconecta muchas actividades metabólicas del pez, cosa que afecta a su sistema inmunitario, haciéndolo más vulnerable a las infecciones.

Todo el proceso —migración del mar, ingreso al río y la cascada de acontecimientos que siguen— parece estar programado. Esto es, la secuencia debe estar gobernada por un conjunto de instrucciones existente en alguna parte de las células del animal. Aunque no hemos conseguido localizar este programa, sabemos cómo alterarlo; la duración de la vida del salmón se amplía significativamente si se castra el pez antes de que se desarrollen sus gónadas.

Pero, como suele suceder en biología, lo que al principio parece simple y comprensible pronto se complica por algún descubrimiento contradictorio. En este caso, el descubrimiento se produjo en la trucha de arco iris, que igual que el salmón del Pacífico migra del océano a los ríos para desovar. La trucha, sin embargo, no siempre muere tras el desove y frecuentemente vuelve al océano, donde se recupera de los cambios degenerativos que sufrió en el río. El animal rejuvenece. Y lo que es más, el ciclo de degeneración y rejuvenecimiento puede repetirse varias veces.

La reproducción *big bang*, seguida de envejecimiento y muerte, no se limita a los peces. Se sabe que ocurre también en los pulpos, aparentemente después de lanzar una sustancia desde la glándula óptica. Y, recientemente, se ha observado el mismo fenómeno en mamíferos. En Australia, hay una especie de pequeños marsupiales insectívoros (mamíferos con bolsa) del género *Antechinus*, comúnmente denominados ratones marsupiales. Seis especies de este género despliegan el explosivo fenómeno del *big bang*, y los detalles son realmente extraordinarios. Los machos jóvenes de una especie cuidadosamente estudiada abandonan el nido de la madre en mayo, a los ocho meses de edad, establecen territorios y se convierten en sexualmente activos. En agosto, cuando en Australia es invierno cerrado, las hembras se muestran sexualmente receptivas, y se produce el apareamiento durante un breve período de tiempo en que son visibles evidentes luchas

entre machos. Durante las dos semanas que siguen, todos los machos comienzan a perder peso rápidamente, enferman y muestran regresión de los órganos sexuales. Igual que el salmón, crecen sus glándulas suprarrenales, se produce una cantidad excesiva de corticosteroides y disminuye la eficacia de su sistema inmunitario, lo cual hace que los animales sean vulnerables a las infecciones. Todos los machos, a excepción de los que se desarrollan en el útero de las madres preñadas, mueren a finales de agosto. Los nacimientos se producen en un período de dos semanas en septiembre, y el destete en diciembre. Dado que ningún macho vive más de un año y que la población está sincronizada, ningún macho conoce nunca a su padre. Unas pocas hembras sobreviven para criar por segunda vez. Si se impide que los machos se apareen, pero no se los castra, pueden duplicar la duración de su vida y vivir otro año. ¡Aparearse les cuesta por lo menos la mitad de sus vidas!

Los animales que se reproducen sólo una vez se llaman animales *uníparos*. Los animales que se reproducen más de una vez durante su tiempo vital se llaman animales *múltiparos*. Los humanos son uníparos. Los animales múltiparos parecen envejecer con rapidez, hasta casi destruirse a sí mismos, después de nacer sus crías. Algunas especies uníparas muestran este fenómeno en maneras sorprendentes. En el ácaro llamado *Adactylidium*, la cría nace en realidad dentro del cuerpo de la madre y posibilita su salida devorándola y dándole muerte. La madre nunca envejece, pero muere antes de que puedan producirse cambios debidos a la edad. Un ejemplo menos dramático de una reproducción de tipo «estallido singular» y de muerte rápida podemos verlo en el gusano de seda *Bombyx mori*. Después del estado de larva, la mariposa en que se transforma sirve sólo a objetivos de reproducción. Muere de inanición a los pocos días, porque no tiene boca. Algunas mariposas experimentan este mismo fenómeno. En estos casos, apenas siente uno la tentación de decir que estos animales envejecen. Parecen estar programados para morir sin oportunidad alguna de experimentar envejecimiento.

La cuestión clave por lo que se refiere al salmón es ésta: ¿Desencadena su envejecimiento y su muerte alguna situación exterior o son éstas parte de un programa genéticamente determinado de autodestrucción? Aunque supiéramos la respuesta, no es probable que nos dijera mucho acerca del envejecimiento humano, porque los cambios que ocurren en los animales con *big bang* tras el estallido reproductor son muy distintos de los que ocu-

rren en los humanos que envejecen o en la mayoría de animales restantes. Puede discutirse si el envejecimiento en los animales con *big bang* es realmente el mismo envejecimiento que se presentan en otros animales. Sin embargo, tanto los defensores de las teorías programadas del envejecimiento como los partidarios de las «hormonas de la muerte» han adoptado estos ejemplos de *big bang* como prueba de sus creencias. De estas y otras teorías sobre la causa del envejecimiento, trataremos en los capítulos 14 y 15.

Los animales en estado libre que experimentan la reproducción en *big bang* parecen ser la excepción de la generalización de que los animales salvajes no envejecen, pero si el proceso es verdaderamente un envejecimiento ocurre en un período de tiempo insólitamente corto. Puede haber, no obstante, otra excepción general a mi creencia de que los animales en estado libre no viven suficiente tiempo para envejecer de manera notable. Las invasiones humanas en ambientes previamente salvajes han alterado las pautas de conducta vital para muchas especies de animales. En algunos casos, animales considerados económicamente útiles como fuente de alimentación o de suministro de pieles, o animales considerados plagas han sido destruidos en cantidades enormes. Los hombres han interferido también a escala masiva en el medio natural mismo. Todas estas actividades humanas han trastornado las condiciones naturales, y han producido, por ejemplo, la eliminación de los predadores de ciertos animales, dándoles así la oportunidad de sufrir mayores cambios relacionados con la edad que los que hubieran tenido en otras circunstancias. Hay que ser precavidos cuando se valora el supuesto envejecimiento normal de las poblaciones de animales salvajes.

¿CUÁNTO VIVEN LOS ANIMALES?

No es fácil conseguir información fiable sobre la duración máxima de la vida en las especies animales. Muchas afirmaciones sobre una edad máxima descansan en informaciones anecdóticas, normalmente suministradas por alguien que afirmar recordar una fecha de nacimiento, quiere ganarse notoriedad o fanfarronea con afirmaciones extrañas sobre longevidad. Obtener información precisa sobre duraciones máximas de vida de una especie animal requiere un trabajo considerable de evaluación de gran cantidad de animales. Por consiguiente, sólo llegamos a conocer de forma fiable el tiem-

po que viven los animales domésticos o las mascotas. Los animales domésticos, excepción hecha de las mascotas, mueren por razones económicas —obtención de carne o piel— mucho antes de llegar a viejos. Los costes de la conservación hasta la vejez de animales de granja serían prohibitivos para quienes crían animales para obtener un beneficio económico.

Además, pocos animales se conservan en número suficiente que permita conocer con certeza razonable su longevidad máxima. Cuantos más miembros de una especie animal se observan, mayor es la oportunidad de encontrar individuos longevos. Por ejemplo, si seguimos la vida de sólo cinco o diez humanos del nacimiento a su muerte, la probabilidad de que uno de ellos llegue a los cien años, o a los noventa siquiera, es casi cero. Con un grupo más amplio, la probabilidad de hallar a un centenario es mayor. Hay que observar a muchos animales o a muchos seres humanos para obtener una información estadísticamente fiable para lo que los gerontólogos llaman tablas de mortalidad. De estas importantes tablas se tratará en el capítulo 6.

Pese a estas limitaciones, son varias las fuentes de información fiable sobre duraciones de vida máximas conseguidas para diversos animales, gracias a unos cuantos entregados biólogos que utilizaron métodos reconocidos de adquisición de datos. El pequeño pequinés puede vivir unos dieciséis años y el *spaniel* catorce, pero los grandes mastines viven sólo unos diez años. A diferencia de lo que ocurre con los perros, cuya longevidad es normalmente inversamente proporcional al tamaño de la raza, la duración de la vida de los pájaros no muestra relación alguna con el tamaño. Los gatos son los animales domésticos más longevos. La duración máxima de la vida de un gato, nunca registrada con anterioridad, parece ser de treinta y un años.

Recientemente se ha podido disponer de datos sobre la longevidad de algunos insectos. Las reinas en las colonias de insectos sociales ofrecen un interés particular, porque viven mucho más que ningún otro miembro de su comunidad, aun cuando todos los miembros de la misma tengan idénticos genes. Las larvas destinadas a convertirse en reinas simplemente reciben otro alimento. Una larva de una colonia de abejas será reina si es alimentada con jalea real. La duración de su vida podrá contarse por años, mientras que la de los restantes miembros de la comunidad se contará por meses. (Pensemos qué pasaría si algunos humanos dispusieran de una comida especial que les proporcionara una vida diez o cien veces más lar-

ga que la de sus vecinos.) Las reinas de hormigas y termitas son de los insectos más longevos. Un reportaje reciente de Finlandia muestra que la duración de la vida de la hormiga reina, *Formica insecta*, puede llegar a los veintisiete años, con algunas reinas con esa edad que continúan viviendo.

La primera información fiable sobre longevidad en animales provino de Chalmers Mitchell, en 1911, y de S.S. Flower, cuidador del zoo del Cairo de 1925 a 1938. Además de llevar a cabo intensos esfuerzos por localizar información creíble, eliminaron la información anecdótica o transmitida de generación en generación como una leyenda. Por desgracia, todavía persiste mucha información legendaria. Ejemplo notable de ello es la creencia común según la cual los elefantes viven cien años o más. No viven tanto. La duración máxima de vida que ha conseguido probarse para un elefante son sesenta y nueve años. Los hombres son los mamíferos más longevos.

En años más recientes, nos han llegado registros fiables sobre longevidad en zoológicos. Una de las listas más extensas y fiables de la duración máxima de la vida en animales la reunió Marvin L. Jones, encargado del registro en la Sociedad Zoológica de San Diego, California, a quien debo la mayoría de datos incluidos en la tabla 2.1. Comenzó coleccionando estos datos en 1941, casi exclusivamente de zoos de diversas partes del mundo. La suya es la primera compilación de datos de longevidad para toda clase de mamíferos, cuya especie haya vivido más de un año en cautividad. La mayoría de los registros de Marvin Jones son de animales nacidos en estado salvaje y luego llevados a un zoológico. En muchos casos, los animales llegaron a los zoos en torno a su primer año de edad. La tabla 2.1 no es una lista completa, sino sólo una selección hecha teniendo en cuenta los intereses de los no especialistas.

TABLA 2.1: Registros de longevidad para especies seleccionadas
(en años, mientras no se indique otra cosa)

Mamíferos		Asno salvaje de Siria	36
Alce americano	17	Babuino hamadrias	37
Antílope, antilocapra	12	Ballena blanca o beluga	17
Ardilla gris o americana	23	Bisonte americano y europeo	33
Ardilla voladora	12	Búfalo acuático doméstico	28

TABLA 2.1: Registros de longevidad para especies seleccionadas
(continuación)

Caballo	46 ^a	Foca común	32
Caballo árabe	33 ^a	Foca leopardo	7
Caballo salvaje de Mongolia	32	Foca píea	5
Cabra de las montañas de América del Norte	14	Gamo	15
Cabra de las Montañas Rocosas	13	Gato	31 ^a
Cabra doméstica	21 ^a	Gibón de cresta negra	34
Calderón	11	Glotón	17
Camello bactriano	35	Gorila de llanura	47
Canguro	19	Guepardo	15
Canguro arborícola de Matchie	16	Hiena manchada	36
Castor americano	15	Hipopótamo	54
Cebra de Chapmann	49 ^a	Jaguar	20
Cerdo hormiguero	23	Jerbillo de la India	7
Cerdo salvaje europeo	21	Jirafa de El Cabo	36
Ciervo, de cola blanca o de Virginia	17	Koala de Nueva Gales del Sur	17
Ciervo común	26	Lemur gris	35
Ciervo ratón de patas blancas	6 ^a	León	25
Conejillo de Indias	8 ^a	León marino de California	28
Conejo	15 ^a	Leoncito (<i>Saguinus oedipus</i>)	13
Conejo común	2	Leopardo	23
Coyote	21	Liebre común	7
Chacal común	17	Lince canadiense	24
Chimpancé	39 ^a	Lince rojo	32
Chimpancé <i>troglodytes</i>	56	Lirón	8
Chinchilla	19	Lobo	19
Chipmunk (<i>Tamias striatus</i>)	7	Lobo de crin	13
Delfín amazónico o inia	9	Manatí de Florida	30
Delfín mular o turción	25	Mandril	31
Elefante africano	48	Mapache	20
Elefante asiático	69	Marmota común	12
Elefante marino	15	Mastín	10 ^a
Equidna de hocico recto australiano	49	Mico plateado o tifi colinegro	11
Erizo europeo	6	Mofeta común	13
Falango común	4	Mono capuchino	33
Falango de cola anillada	6	Mono rhesus	23
Falango de cola peluda	14	Morsa	17
		Mulita grande (armadillo)	10
		Murciélago frutero de la India	31
		Murciélago frutero de México	6
		Murciélago vampiro mexicano	13
		Nutria del Canadá	21
		Orangután de Sumatra	59