

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

| | | | |
|---|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| Orca, espolarate | 12 | Aves | |
| Ornitorrinco | 17 | Águila pescadora | 23 ^a |
| Oso <i>grizzly</i> , o de montaña | 35 | Águila real | 46 |
| Oso hormiguero gigante | 25 | Águila volatinera | 55 |
| Oso pardo de Alaska | 36 | Albatros de Laysan | 37 ^b |
| Oso pardo europeo | 33 | Alcaudón del Norte | 3 ^d |
| Oso polar | 34 | Alondra cornuda | 7 ^f |
| Oveja de las Montañas Rocosas | 15 | Ampelis americano | 7 ^d |
| Panda gigante | 26 | Ánade rabudo o de cola larga | 21 ^b |
| Pantera de las nieves | 15 | Anhinga americana | 18 ^b |
| Pequinés | 16 ^a | Aratinga testadorada | 49 ^a |
| Perezoso de dos dedos de Hoffman | 32 | Arrendajo azul | 16 ^a |
| Perro lobo | 14 ^a | Arrendajo de Steller | 16 ^a |
| Puerco espín con cresta | 24 | Avestruz | 27 |
| Puma | 19 | Barnacla canadiense | 24 ^a |
| Rata peluda de Filipinas (<i>Phloemys Cummings</i>) | 13 | Búho | 21 ^e |
| Ratón de campo | 3 | Búho real | 68 ^a |
| Ratón de las hierbas o cusu | 6 | Buitre pavo o gallinazo común | 17 ^b |
| Ratón doméstico | 3 ^a | Buitre rey | 40 ^a |
| Reno | 20 | Cacatúa crestigualda | 56 ^a |
| Rinoceronte indio | 40 | Candelo escarlata | 10 ^c |
| Rinoceronte negro africano | 45 | Carabo barreado | 18 ^a |
| Rorcual | 12 ^a | Cardenal de Virginia | 16 ^c |
| Spaniel | 14 ^a | <i>Carpodacus mexicanus</i> | 12 ^a |
| Tapir sudamericano | 35 | Cascanueces de Clark | 17 ^f |
| Tejón americano | 26 | Cisne mudo | 27 ^e |
| Tigre de Bengala | 26 | Cisne trompetero | 24 ^b |
| Topo americano | 2 | Codorniz de California | 7 ^c |
| Toro almizclero de Groenlandia | 17 | Colibrí de Allen | |
| Tupaya común | 12 | (<i>Selasphorus sasin</i>) | 4 ^e |
| Turón búlgaro | 8 | Colibrí de garganta de rubí | 6 ^f |
| Tuza | 7 | Colimbo grande | 8 ^b |
| Uallabí de Bennett | 10 | Colirrojo americano | 10 ^d |
| Vicuña | 25 | Columbiña común | 6 ^f |
| Yubarta o ballena xibarte | 47 ^a | Cóndor | 52 ^a |
| Zorro gris | 13 | Cóndor californiano | 37 ^a |
| Zorro kit | 20 | Cormorán grande | 20 ^b |
| | | Corocoro blanco | 14 ^b |
| | | Cuco piquigualdo | 5 ^f |
| | | Cuervo americano | 15 ^f |
| | | Cuervo común | 13 ^f |
| | | Charlatán o bobolink | 8 ^e |

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

| | | | |
|---|-----------------|--|-----------------|
| Charrán ártico | 34 ^b | Mirlo de Brewer | 11 ^c |
| Charrán común | 21 ^a | Mochuelo excavador o de las madrigueras | 9 ^f |
| Charrancito americano | 24 | Oropéndola de Baltimore | 12 ^c |
| Chingolo punteado | 12 ^c | Ostrero común | 24 ^a |
| Chochín casero | 7 ^d | Paño boreal | 31 ^e |
| Chochín de los cactus | 6 ^d | Pájaro gato gris | 11 ^d |
| Chotacabras | 4 ^f | Paloma coronada | 12 ^f |
| <i>Dendroica discolor</i> | 10 ^d | Paloma doméstica | 30 |
| <i>Empidonax difficilis</i> | 6 ^f | Paloma doméstica | 30 ^a |
| <i>Empidonax flaviventris</i> | 4 ^f | Paloma lúgubre | 19 ^f |
| Emú | 28 ^a | Papamoscas | |
| Estornino europeo (pinto) | 15 ^d | (<i>Myiarchus crinitus</i>) | 14 ^f |
| Focha americana | 22 ^e | Papamoscas sombrío | 9 ^f |
| Fragata grande | 30 ^b | Paro de la montaña (<i>Parus gambali</i>) | 10 ^f |
| Fragata pequeña | 23 ^e | Pato joyuyo | 22 ^e |
| Frailecillo atlántico | 23 ^a | Pato real | 23 ^b |
| Ganso doméstico | 35 | Pavo | 12 ^b |
| Ganso nival | 20 ^b | Pelícano blanco americano | 41 |
| Garcilla bueyera | 14 ^b | Pelícano pardo | 20 ^b |
| Garcilla grande | 17 ^b | Picamadero de vientre rojo | 12 ^f |
| Garza azul | 17 ^b | Pico chupador | 7 ^f |
| Gaviota argétea | 28 ^e | Pico negro pileado | 9 ^f |
| Gaviota de California | 31 ^a | Pico pubescente | 11 ^f |
| Golondrina común | 9 ^f | Pico terrestre común | 9 ^f |
| Golondrina risquera | 10 ^e | Pico veloso | 16 ^f |
| Gorjeador blanquinegro | 11 ^f | Picogordo vespertino | 15 ^c |
| Gorrión común | 13 ^c | Pigargo americano | 22 ^e |
| Grévol engolado | 8 ^e | Pingüino de Adelle | 14 ^a |
| Grulla americana | 38 | Piquero enmascarado | 25 ^b |
| Grulla australiana | 47 | Piquero pardo | 28 ^d |
| Guacamayo azulamarillo | 43 | Pollo | 12 ^a |
| Guacamayo verdirrojo | 38 | Porrón acollarado | 20 ^e |
| Halcón peregrino o común | 12 ^b | Porrón coacoxtle | 22 ^a |
| Herrerillo gris | 13 ^f | Queixque de ceja blanca | 16 ^f |
| Junco pizarroso (<i>Junco hyemalis</i>) | 10 ^c | <i>Quiscalus quiscula</i> | 21 ^c |
| <i>Lanius ludovicianus</i> | 12 ^d | Ratonero de cola roja | 21 ^a |
| Lechuza común | 15 ^f | Reinita amarilla | 9 ^d |
| Loro Vasa | 54 ^a | Reinita encapuchada | 8 ^d |
| Lúgano (en Europa, jilguero) | 16 | Reinita gorgigualda o amarillito de Virginia | 10 ^d |
| <i>Melanerpes erythrocephalus</i> | 10 ^f | | |
| Mirlo de alas rojas | 16 ^c | | |

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

| | | | |
|--------------------------------------|------------------|--|----------------------|
| Robín americano | 14 ^d | Esturión | 82 ^a |
| Ruiseñor azul oriental | 8 ^d | Gupi | 2 ^a |
| <i>Selasphorus playcerus</i> | 12 ^a | Halibut | 60 ^a |
| <i>Sialia mexicana</i> | 4 ^d | Lucio | 14 ^a |
| Sinsonte de California | 7 ^d | <i>Mollienisia</i> | 4 ^a |
| Sinsonte o mimo | 9 ^d | Siluro, bagro | 60 ^a |
| Tirano real | 12 ^f | | |
| Tordo-cuco canadiense | 16 ^c | Invertebrados | |
| Trepador pechiblanco | 10 ^d | Abulón (<i>Haliotis cracherodii</i>) | 51 ⁱ |
| Trepador <i>Sitta pusilla</i> | 6 ^d | Babosa de mar | |
| Trillador | 13 ^d | (<i>Dolabella auricularia</i>) | 2 ^g |
| <i>Tyrannus verticalis</i> | 7 ^f | Bivalvo dulceacuícola | |
| Urraca | 12 ^f | (<i>Margaritifera margaritifera</i>) | 116 ⁱ |
| Vencejo común | 6 ^f | Bivalvo marino | |
| Vencejo espinoso de las chimeneas | 14 ^f | (<i>Arctica islandica</i>) | 220 ⁱ |
| Vireo cantor | 13 ^d | Bivalvo marino (<i>Pismo clam</i>) | 53 ^a |
| Vireo cuelligualdo | 6 ^d | Caracol dulceacuícola | |
| Vireo de Filadelfia | 9 ^d | (<i>Viviparus viviparus</i>) | 11 ⁱ |
| Zorzal alirrojo o malvis | 17 | Caracol terrestre | |
| Zorzal chico | 10 ^f | (<i>Arianta arbustorum</i>) | 17 ⁱ |
| | | Cefalópodo (<i>Nautilus pompilus</i>) | 20 ⁱ |
| | | Erizo de mar | 7 ^a |
| Reptiles y anfibios | | Esponja | 90 ^a |
| Anaconda (<i>Eunectes murines</i>) | 29 ^a | Estrella de mar | 8 ^a |
| Caimán | 52 ^a | Filaria nocturna | |
| Cocodrilo | 56 ^a | (<i>Wuchereria bancrofti</i>) | 17 ^a |
| Culebrilla de cristal | 33 ^a | Langosta | 50 ^a |
| Rana de Bull | 36 ^a | Lombriz blanca | 17 ^a |
| <i>Terrapene ornata</i> | 42 ^a | Lombriz de tierra | 6 ^a |
| Tortuga boba | 33 ^a | Tenia (<i>Taeniorrhynchus saginatus</i>) | 35 ^a |
| Tortuga caja de Carolina | 129 ^a | Tenia del perro | 29 |
| Tortuga de dorso diamantino | 40 ^a | | |
| Tortuga de estanque europeo | 120 ^a | Insectos | |
| Tortuga de las Galápagos | 100 ^a | Abeja reina | 5 ^a |
| Tortuga de Marion | 152 ^a | Escarabajo tenebrio | |
| Tortuga gigante | 180 ^a | (<i>Blaps gigas</i>) | 10 ^a |
| Tortuga huraña o mordedora | 58 ^a | Hormiga exsectoide | |
| | | (<i>Formica exsecta</i>) | 27 ⁱ |
| Peces | | Hormiga ígnea o de fuego | |
| Beluga (esturión blanco) | 75 ^a | (<i>Solenopsis invicta</i>) | 6 ⁱ |
| <i>Betta</i> | 2 ^a | Mariposa adulta | 12 sem. ^a |
| Carpa | 50 ^a | | |

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

| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Arañas | | Viuda negra |
| | | (<i>Latrodectus mactans</i>) |
| Tarántula <i>Ummidia spp.</i> | 20 ^a | 28 meses (hembras) |
| | 13 años (hembras) | 4 meses (machos) |
| | 5 meses (machos) ^g | |

FUENTES: Las cifras sin símbolos proceden de Marvin L. Jones, encargado del registro de la Sociedad Zoológica de San Diego, California. Las cifras son de 1979, año en que se llevó a cabo un registro completo; muchos animales han vivido más años después de hecho el registro.

^a Comfort, Alex, *The Biology of Senescence*, Elsevier North Holland, Nueva York 1979.

^b Clapp, R. B., M. K. Klimkiewicz y A. G. Fitcher, en *Journal of Field Ornithology*, 53 (1982) 81, redondeando los años.

^c Klimkiewicz, M. K. y A. G. Fitcher, en *Journal of Field Ornithology*, 58 (1987) 318, redondeando los años.

^d Klimkiewicz, M. K., Clapp, R. B. y A. G. Fitcher, en *Journal of Field Ornithology*, 54 (1983) 287, redondeando los años.

^e Klimkiewicz, M. K. y A. G. Fitcher, *Journal of Field Ornithology*, 60 (1989) 469, redondeando los años.

^f Clapp, R. B. Klimkiewicz, M. K. y A. G. Fitcher, en *Journal of Field Ornithology*, 54 (1983) 123, redondeando los años.

^g Hazzar, D. G., H. R. Warner y C. E. Finch (eds.), «Alternative Animal Models for Research on Aging», en *Experimental Gerontology*, 26, 5 (1991).

^h Comfort, Alex, *The Process of Aging*, Signet Science Library, Nueva York 1964.

ⁱ Heller, J., en *Malacologia*, 31 (1990) 259.

^j Pamilo, P., en *Insect Society*, 38 (1991) 111.

LAS SECUOYAS NO SON VIEJAS

Porque cinco millones de personas digan una tontería,
no deja de ser una tontería.

BERTRAND RUSSELL

En el capítulo primero, vimos que era verdaderamente difícil determinar la edad de los animales. Con las plantas, aún puede ser más difícil. Pensemos en las secuoyas. La mayoría de nosotros hemos oído decir que pueden vivir miles de años. El intento de desafiar esta tan enraizada convicción ilustra bien lo difícil que resulta diseñar una definición universal del envejecimiento.

Que las secuoyas rojas que crecen en California y Oregón (*Sequoia sempervirens*) sean de los seres vivientes más viejos que existen depende de lo que queramos entender con el término «viviente». Un pariente de la secuoya de la costa, la secuoya gigante (*Sequoiadendron giganteum*) vive, según se dice, más dos mil quinientos años. Se cree, no obstante, que el pino del Colorado o de piñas aristadas de las Rocosas (*Pinus aristata*), que se encuentra en varios Estados, pero más ampliamente estudiado en Sierra Nevada, en el límite entre California y Nevada, es todavía más viejo. Pero de uno de estos pinos del Colorado, de los montes Snake, al este de Nevada central, se dice que tiene más de cuatro mil novecientos años. Independientemente de la edad que se supone que tengan estos árboles, estoy convencido de que cualquier lector que tenga más de treinta años es más viejo que cualquiera de ellos. He ahí por qué.

Para determinar la edad cronológica de las secuoyas se cuentan los anillos del crecimiento anual, pero las células de casi todos estos anillos están muertas. Justo por debajo del anillo más externo de la corteza muerta de una secuoya está la capa del cámbium vivo. Más adentro, se encuentran más células muertas. Así, la banda de células vivas está entre la corteza muerta y los anillos internos muertos de crecimiento anual. Por peso o por volumen, la mayor parte de la sustancia de un tronco de un árbol viejo se com-

pone de células muertas. Evidentemente, la edad de estas células *muertas* puede muy bien ser de varios miles de años, pero ¿es correcto decir que un árbol tiene la misma edad que sus células más viejas muertas? Lógicamente, el hecho de que un árbol tenga una capa de *cámbium* vivo no debe obligar a decir que el árbol es tan viejo como casi la mayor parte de todas sus células, que están *muertas*.

Muchas secuoyas han sobrevivido a incendios que casi destruyeron la madera muerta de la parte más profunda del leño. En estos árboles que parecen chimeneas no sólo están muertas las células que forman la mayor parte de la madera, sino que ¡ni siquiera existen la mayoría de células muertas! La mayoría de pinos del Colorado se agarran a la vida por una tenue cinta de tejido vivo que serpentea por la pared del leño muerto. Las células más viejas *vivas* de la secuoya gigante o del pino del Colorado pueden verse en las agujas y en las piñas, y éstas no tienen más de veinte o treinta años. Ésta es la razón por la que, si usted ha pasado ya de los treinta, insisto en decir que ¡es más viejo usted que los que equivocadamente llamamos los árboles más viejos del mundo!

ENVEJECIMIENTO Y LINAJES CELULARES

Lo que es genuinamente viejo en una secuoya roja o en un pino del Colorado es el *linaje* celular que ha dado origen a las células vivas actuales de la capa de *cámbium* en las agujas. Viejas stirpes celulares las hay en las plantas y en los animales, incluidos los humanos. Igual como pasa con las secuoyas, podemos remontarnos, para fechar estos linajes celulares, a miles o millones de años, según donde queramos trazar una línea arbitraria. La vida es un continuo y no empieza ni acaba en un punto arbitrario. A pesar de la creencia de algunas personas en que la vida comienza en la concepción, toda vida, incluida la humana, en realidad nunca acaba. Como postuló el biólogo alemán August Weismann en el siglo pasado, nuestro plasma germinal (la fuente del esperma y los óvulos) es inmortal. Si no fuera inmortal, no estaríamos aquí para hablar de la cuestión. Hay una buena base para creer que un animal mortal es simplemente una manera de que dispone una célula germinal para hacer más células germinales, optimizando así la probabilidad de que se fusionen con otras células germinales del sexo contrario.

Una diferencia entre nosotros y los árboles leñosos es que los árboles han diseñado un método para conservar y amontonar los esqueletos de sus células muertas y nosotros no. Tiramos millones de células muertas cada día. Si retuviéramos las toneladas de células muertas de las que nos deshacemos a lo largo de la vida, probablemente acumularíamos una masa tan grande como la de una secuoya bien desarrollada. Un árbol leñoso retiene las células muertas de su tronco y de sus ramas para alzar sus células vivas por encima de otras plantas con las que compite buscando la luz del sol. El hecho de que estos árboles no se deshacen de sus células muertas no debe ser una razón para creer que tienen miles de años, mientras que usted y yo vivimos, todo lo más, unos cien años.

INJERTOS Y ENVEJECIMIENTO

Todavía resulta más difícil determinar la edad en plantas cuya propagación haya sido por esquejes. Si cortamos un esqueje de una planta que nos gusta y lo plantamos en tierra o agua, ¿cuándo ha «nacido»? ¿Cuándo «muere», si podemos cortar de nuevo un esqueje de la planta que ya ha echado raíces y lo plantamos otra vez? Si hubiéramos dejado el esqueje en su sitio de origen en el árbol o en la planta, al final habría muerto, pero plantado de nuevo puede vivir más que la planta de donde salió. Si vamos plantando esquejes indefinidamente, ¿se muere alguna vez la planta?

Los bananos y ciertas vides se propagan mediante esquejes así, de modo que su edad nos es realmente desconocida. El ciruelo Reina Claudia se ha cultivado mediante esquejes sucesivos por espacio de unos cuatrocientos años, y la vid *cabernet sauvignon* lo ha sido durante más de mil años. Uno puede decir con razón que estas plantas son, en realidad, inmortales.

RAÍCES, RETOÑOS Y ENVEJECIMIENTO

Muchos árboles y arbustos se propagan produciendo nuevas plantas mientras las raíces se extienden bajo tierra. Este proceso puede repetirse durante siglos y hasta milenios. Si el árbol original se muere, ¿qué edad tienen los árboles que quedan? Aunque es posible que la mayor parte del tejido de la planta progenitora haya desaparecido, las plantas hijas representan su

continuación física directa. Árboles como los álamos, la secuoya roja de la costa y algunos olmos o arbustos como la *Larrea mexicana* (creosota) se propagan de esta suerte. Varias clases de pastos de la pradera se reproducen también así. Se sabe que algunos árboles y arbustos que se propagan sacando retoños de sus raíces subterráneas se han perpetuado de esta forma durante períodos de tiempo bastante más largos que la edad que se supone al más antiguos de los pinos del Colorado. Unos cuantos «clónicos» de álamos y de matas de creosota han ido replicándose entre los árboles de América del Norte desde el período glacial en Wisconsin, ¡hace más de once mil años!

Algunos hongos se propagan también produciendo nuevas plantas desde las raíces. Durante el primer año, el hongo irradia estructuras subterráneas radicales en todas direcciones, como radios que salen del centro de una rueda. Al cabo de un tiempo el hongo central muere, pero las estructuras radicales permanecen vivas, haciendo brotar anualmente más hongos. El clon de hongo aumenta así su tamaño formando anillos concéntricos de diámetro cada vez mayor. Algunos de estos denominados «anillos de hadas» perduran a través de los años, pese a que el hongo original y sus primeras hijas hace tiempo que murieron. ¿Es el hongo original inmortal en potencia, aunque no podamos decir que sigue existiendo? ¿Son los álamos, las matas de creosota, los pastos de la pradera o los anillos de hadas inmortales? ¿Envejecen los individuos? ¿Cuándo nace cada uno de ellos y cuándo muere? No hay para esto respuestas fáciles.

Incluso es posible argumentar bastante sólidamente que también los árboles y las plantas que se propagan sólo mediante semillas son inmortales. Las semillas, aunque en última instancia se separan de la planta, son una continuación física del progenitor y dan origen a una prole viva. Este argumento se aplica por la misma regla a humanos y otros animales, cuya «semilla» también se separa de quien la produce y se une a otras células para dar origen a un nuevo individuo. Los individuos pueden morir, pero el plasma germinal es inmortal. Si el plasma germinal no fuera inmortal, la especie no duraría más allá de una generación. La continuidad de la vida a través de las semillas y de las células germinales se extiende más allá de la vida de los individuos que las producen, haciendo que determinar la edad sea a menudo difícil.

Si la vida más larga de un ser vivo individual se da en el reino vegetal, también se da aquí la más corta. Las bacterias y la levadura son plantas, y muchas de estas especies sólo alcanzan a vivir unos veinte minutos.

ENVEJECIMIENTO PROGRAMADO

En algunas plantas superiores anuales o bienales, la muerte ocurre según un plan rígido. Algunas plantas anuales del desierto duran sólo unas cuantas semanas. En las plantas anuales, el envejecimiento (o senescencia, como dicen los botánicos) y la muerte siguen a la floración y al fruto. De hecho, en muchas plantas, la maduración de la semilla sólo puede ocurrir cuando la planta envejece y muere. Ejemplos de este caso son la soja, el maíz y muchas plantas anuales de jardín. Algunas variedades de trigo envejecen y se mueren en julio, de modo que el fenómeno no lo desencadena necesariamente la cercanía del invierno. Con todo, otras plantas populares aguantan dos años. Durante el primer año, almacenan alimento en sus raíces y, durante el segundo, producen flores y semillas, y luego rápidamente envejecen y mueren. Ejemplos de plantas bienales son las zanahorias, las remolachas y las cebollas.

Otras plantas pasan por largos períodos de crecimiento antes de florecer y fructificar. La pita (*Agave americana*) y algunos bambúes crecen durante décadas antes de producir flores y fruto. Luego unos y otras envejecen también con rapidez y mueren. Recientemente, el árbol del bambú, cuyas hojas constituyen la dieta del panda gigante en China, floreció, fructificó, envejeció y murió en masa tras décadas de crecimiento. Los pandas tuvieron que hacer frente a una grave escasez de alimento y sólo han podido sobrevivir gracias a la ayuda humana que les suministró hojas de bambú de otras especies. El bambú representa un extraordinario ejemplo de envejecimiento y muerte sincronizados que se presenta en plantas transcurrido un período de tiempo muy largo. En los años 919 y 1114, en China el bambú granó en todo el país. Lo mismo sucedió en Japón, entre los años 1716 y 1735 y, de nuevo, en 1844 y 1847. El tipo de bambú japonés se introdujo en otros países y, a finales de los sesenta, floreció simultáneamente en Inglaterra, Alabama, Rusia y Japón. El ciclo de floración y producción de semillas parece ser en esta especie de ¡ciento veinte años! Otras especies de bambú tienen periodicidades distintas que van de tres a ciento cincuenta años.

La ubicación del reloj que controla estos acontecimientos en el bambú sigue siendo un misterio. Una pista nos la ofrece el hecho de que partes del mismo árbol, si se plantan por separado, dan origen a plantas que florecen y dan semillas todas al mismo tiempo. Los botánicos concluyen

que deben de existir relojes sincronizados en todas o en la mayoría de las células de la planta. Una periodicidad semejante de esta magnitud en la reproducción masiva puede presentarse también en el reino animal y su ejemplo más claro es la cigarra o la langosta de los diecisiete años.

El fenómeno de la senescencia y muerte que siguen rápidamente al desarrollo de flores, frutos y semillas en las plantas es conocido con el nombre de «envejecimiento programado», porque la secuencia de acontecimientos parece estar escrita en los genes de la planta. De hecho, la senescencia frecuentemente parece ser un *requisito* de la maduración de las semillas y de su dispersión. Sólo hay unos cuantos ejemplos comparables de envejecimiento programado en los animales, incluidos el salmón del Pacífico y otros reproductores del tipo *big bang*, de los que hemos tratado en el capítulo anterior.

LA LONGEVIDAD DE LAS SEMILLAS

Los humanos están sumamente interesados en la longevidad de las semillas, probablemente llevados por la esperanza de hallar una forma de vida auténticamente inmortal. La curiosidad del gran público aumenta cuando se encuentran semillas en excavaciones arqueológicas. Semillas halladas en tumbas del antiguo Egipto han suscitado entusiasmo por las expectativas que produce la posibilidad de hacer germinar esas semillas. Lamentablemente, las afirmaciones acerca de semillas superlongevas carecen de sentido, igual que las afirmaciones hechas sobre personas superlongevas (de las que se hará especial mención en el capítulo 12).

Jardineros y granjeros saben que cuanto más se guarda un montón de semillas, menos serán las semillas que podrán germinar. Además, las que lo hagan llegan a su madurez más lentamente. El mero examen de las semillas a simple vista no revela por lo común si están muertas o vivas (a diferencia de lo que pasa con animales o plantas, que normalmente muestran signos claros de muerte). Las leyendas populares de hallazgos de semillas de trigo en buen estado en silos excavados del antiguo Egipto o en la tumba de Tutankamon en Tebas no son fidedignas; las semillas de trigo con más de treinta o cuarenta años no germinan. Aunque se han encontrado semillas de trigo físicamente intactas con cuatro o seis mil años de antigüedad, no son viables. Normalmente se observa que estas semillas antiguas

mantienen su forma, pero se han descompuesto en casi puro carbón, con huellas de granos de almidón y restos de tejido celular.

Se cree que las semillas viables más antiguas son las de lirio *canna* (*Canna compacta*), descubiertas en una pieza de collar de cascabel en las tumbas preincaicas de Santa Rosa de Tastil, en Argentina. Quien hizo el collar puso al parecer semillas de lirio en nueces verdes antes de que se formaran las cáscaras y se endurecieran. Las nueces maduras y duras encerraban más tarde en su interior semillas que hacían sonar el cascabel, el cual, aparentemente, las protegió durante seis siglos. Una de las semillas germinó en 1968, y la datación por el método del carbono 14 determinó que la nuez tenía unos seiscientos años. Aunque la semilla germinó lentamente y con cierto comportamiento anormal, produjo una planta madura. La famosa planta y su descendencia pueden observarse en los terrenos del departamento de botánica de la universidad de La Plata, en Argentina. En 1923, un botánico japonés descubrió semillas de loto indio en un antiguo lecho lacustre en China. Consiguió que germinaran 35 semillas y otros investigadores repitieron este éxito. Hay cierto problema de precisión con el método de datación mediante el carbono 14 empleado con estas semillas; es posible que su edad se sitúe entre los cuatrocientos años de antigüedad y los mil quinientos. Hay documentación acerca de otra semilla de loto que germinó con éxito después de setecientos años. Entre otros ejemplos comprobados de semillas longevas, se incluyen los de dos especies de árbol de la canela, germinadas pasados ciento quince y ciento cincuenta y ocho años respectivamente, y el de una mimosa con doscientos veintinueve años de antigüedad. Y aunque no se trate de semillas, se afirma también que células de la parte central del tallo de una yuca australiana (*Xanthorrhoea thornton*) parecen estar vivas después de cuatrocientos años.

En 1940, un ataque aéreo en Londres causó un incendio en una parte del herbario del Museo Británico. Los bomberos mojaron sin querer parte de la colección de semillas, algunas de las cuales germinaron, produciendo plantas adultas. Algunas de las semillas del herbario habían sido recogidas en China en 1793 y una, recogida en 1705, germinó en 1942. En 1856, fueron enviadas semillas de 600 especies de los Kew Gardens, en Inglaterra, a Melbourne, Australia, para iniciar los jardines botánicos. Pero las semillas no se plantaron hasta 1906; con todo, se observó que muchas eran viables. Dos de las muestras de semillas tenían ciento cinco años. Se encontraron semillas de cebada, avena y trigo en tubos de vidrio sellados

en el interior de una primera piedra del Teatro de la Ciudad de Nuremberg, en Alemania. Al cabo de ciento veintitrés años, germinó el 12% de las semillas de cebada y el 22% de las de avena, aunque ninguna semilla de trigo. Las semillas de corteza dura, como las de lirio *canna*, parece que permanecen siendo viables más tiempo.

Poco ha, en una demolición en la escuela de Farningham, en Kent, Inglaterra, se encontró en un muro una botella conteniendo semillas de trigo y un mensaje. El mensaje decía: «Depositada en el muro de esta escuela, el 18 de septiembre de 1872, por Peter Ashenden. Pongo esto aquí para algún investigador del futuro, por la mucha curiosidad que habrá en ese presente por las cosas de la antigüedad, y mientras irá creciendo allí la Esencia del Trigo, cuya semilla fue enterrada hoy hace dos mil años. Puede que alguien en este día futuro quiera comprobarlo, y yo me alegraré de que lo consiga. P. A.». Los botánicos encontraron las semillas muertas. No obstante, mostraron respeto y admiración por la mentalidad investigadora y la previsión científica de ese tal Peter Ashenden.

En 1879, W. J. Beal puso 20 muestras de semillas de 21 especies de plantas distintas en arena húmeda en el interior de botellas sin cerrar. Las enterró con el cuello de la botella abierto orientado hacia abajo, medio metro por debajo del nivel del suelo, en los campos de la universidad del estado de Michigan. A intervalos de cinco o diez años, se abría una botella y se plantaban las semillas. Algunas semillas se conservaron viables hasta setenta años; otras germinaron pasados noventa años. Tres especies germinaron en 1979, al cabo de un siglo.

En 1962, unos 2.000 lotes de semillas de plantas viejas fueron trasladados de la Horticultural Field Station, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en Cheyenne, Wyoming, al Laboratorio y Almacén Nacional de Semillas en Fort Collins, Colorado. Debido al número limitado de semillas de cada lote, sólo se comprobó la viabilidad de algunas semillas a intervalos regulares. La última prueba tuvo lugar en 1991. Las semillas viables más antiguas tenían sesenta años y procedían de una variedad de tomate; el 82% resultó viable. Se encontraron semillas viables pasados cincuenta años en algunas variedades de remolachas, maíz, pepinos, berenjenas, melones, quingombó, cebollas, peras, pimientos y sandías; la viabilidad de la semilla se situaba entre el 2 y el 98%. Semillas de judías, zanahorias, espinacas y remolacha fueron viables pasados cuarenta y cinco años, con un grado de viabilidad que iba del 14 al 72%. Es posible

que los años de estas semillas no representen las cifras máximas alcanzables, porque irán haciéndose pruebas en el futuro a intervalos regulares. El reciente reconocimiento de la necesidad de preservar plasma germinal o semillas de árboles y plantas importantes, a medida que van extinguiéndose plantas y se destruyen tierras vírgenes, ha inducido a que científicos que piensan en el futuro hayan fundado el Laboratorio y Almacén Nacional de Semillas (National Seed Storage Laboratory). Instituciones similares se han organizado en Europa y Japón, todas ellas con el objetivo de preservar para la posteridad semillas importantes.

Un método prometedor de conservación de semillas lo ha sugerido el éxito obtenido con la congelación de células de animales vivos en nitrógeno líquido para un almacenamiento a largo plazo. Las «semillas», o el esperma de humanos y otros animales, se han conservado vivas durante años en nitrógeno líquido, igual que lo han hecho células y pequeñas secciones de tejidos de diversos animales. Yo mismo he almacenado células vivas humanas en nitrógeno líquido durante treinta y dos años, lo cual es un récord mundial por el momento. Más recientemente, también se han almacenado óvulos humanos fertilizados en nitrógeno líquido, que luego se han recuperado y se han implantado en mujeres, dando lugar a bebés perfectamente normales. Resultados similares se han conseguido con óvulos fertilizados de diversos animales inferiores. A la temperatura del nitrógeno líquido, que es de 160 grados centígrados bajo cero, se detiene virtualmente toda actividad biológica. Tenemos todas las razones del mundo para creer que semillas vivas, células individuales, pequeños trozos de tejido, esperma, óvulos y huevos fertilizados pueden permanecer indefinidamente en estado viable en nitrógeno líquido. Células de mi cepa celular de pulmón normal humano, llamadas WI-38, han seguido viviendo durante más de tres décadas. Por ello, probablemente se plantea la cuestión de la inmortalidad de ciertos tipos de *pequeñas* formas de vida. Si se congelan adecuadamente y se guardan a temperaturas muy frías y constantes, su inmortalidad parece estar asegurada.

He sugerido a la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio que materiales de este tipo podrían ponerse en órbita terrestre sin refrigeración de ninguna clase porque el contenedor podría orientarse fuera del alcance de los rayos solares, con lo que permanecería suficientemente frío a la temperatura del espacio exterior. Esta «arca de Noé» orbital con material biológico vital podría proporcionar los medios más efectivos de

un almacenamiento a largo plazo garantizado de plasma germinal vital y de células corporales de animales y humanos. El arca podría prepresentar la oportunidad de salvar estos materiales, si los humanos no consiguieran detener esa terrible destrucción de plantas y animales y de sus hábitats, causa de la destrucción de tantas especies. El arca orbital podría también preservar células humanas, vegetales y animales contra la pérdida de especies en caso de una guerra nuclear o de una catástrofe de grandes proporciones. A mi sugerencia de esta arca se le ha hecho oídos sordos.

El campeón mundial de la forma de vida más antigua es un microorganismo llamado *Bacillus circulans*. Tenía seiscientos cincuenta millones de años cuando se le aisló a partir de un depósito salino. Otros dos microorganismos le van a la zaga. El *Enterobacter cloacae* y otro miembro de este mismo género fueron hallados vivos en el tracto intestinal de un mastodonte muerto hace once mil años. Otro microorganismo vivo fue hallado en unas excavaciones arqueológicas en Roma y se le atribuyeron mil ochocientos noventa años, y una levadura Porter, extraída de un barco que naufragó en 1825, ha sido usada para comercializar una determinada marca de cerveza oscura ligera.

ENVEJECER NO ES UNA ENFERMEDAD

Si hubiera sabido que iba a vivir tanto, me habría cuidado más.

EUBIE BLAKE

Para comprender el envejecimiento, es necesario distinguir entre el envejecimiento normal y las enfermedades relacionadas con la vejez. Aunque la expresión «envejecimiento normal» sea de uso frecuente, no es una buena conjunción de términos, porque implica que existe algo así como un envejecimiento anormal. Y esto, evidentemente, es un absurdo. Nadie experimenta un envejecimiento anormal. Envejecer normalmente es simplemente envejecer.

Cuando hablamos de desarrollo normal, nos referimos a la secuencia de cambios biológicos por cuyo medio el huevo fertilizado se convierte en adulto. Si ocurre un error genético durante la fase embrionaria de desarrollo, lo llamamos defecto de nacimiento o malformación congénita. Se trata de un desarrollo anormal. No ocurren «defectos» parecidos con el envejecimiento; consideramos que el proceso de envejecer es normal independientemente de los cambios que puedan ocurrir. Sería absurdo decir, de alguien que tiene los cabellos más grises o la cara más arrugada que los demás, que está envejeciendo de una manera anormal. ¡Ni siquiera de uno que no tiene grises los cabellos ni se le arruga para nada la cara podríamos decir que está envejeciendo anormalmente!

Tanto los cambios relacionados con la edad como los cambios debidos a enfermedades producen deterioros o suponen un déficit respecto de un funcionamiento óptimo. ¿Por qué, pues, es necesario distinguir entre cambios que son producto del envejecimiento y cambios que son producto de la enfermedad? ¿Y cómo podemos hacer esta distinción? Si el envejecimiento se traduce en una pérdida fisiológica o funcional que hace que nos sea imposible correr a los treinta años con la misma agilidad con que corríamos a los diecinueve, ¿es esto un signo de enfermedad? ¿Son una

enfermedad los cabellos grises, la piel arrugada, la vista cansada o la pérdida de audición de los tonos altos? ¡Nadie ha sido hospitalizado ni nadie ha muerto por tener cabellos grises, piel arrugada o por no poder oír un do agudo! Estos cambios normales que ocurren con la edad no son enfermedades, pero son típicos de cientos de miles de cambios semejantes, pero menos aparentes y no debidos a enfermedades, que ocurren por todo nuestro cuerpo a medida que envejecemos.

CAMBIOS NORMALES DEBIDOS A LA EDAD

Entre los más evidentes cambios normales debidos a la edad están la pérdida de fuerzas y de resistencia, vista cansada, crecimiento de pelos nuevos en orejas y orificios nasales, pérdida de la memoria a corto plazo, calvicie, pérdida de masa ósea, disminución de la estatura, pérdida de audición y menopausia. Esta lista breve y aleatoria de cambios normales debidos a la edad podría sobremanera ampliarse. La mayoría de cambios mencionados pueden observarse a simple vista, pero tienen su origen en niveles no fácilmente perceptibles por nuestros sentidos. Cuando envejecemos, se producen miles de cambios en todos nuestros órganos y tejidos, en las células individuales que los componen y hasta en el aglutinante que mantiene unidas estas células. Cambios relacionados con la edad ocurren hasta en las moléculas individuales de que se componen nuestras células y en los productos que producen estas mismas células. De estos cambios menos aparentes proceden las manifestaciones más evidentes de envejecimiento. Los cambios normales debidos a la edad menos obvios afectan a las células de prácticamente todos nuestros órganos, incluidos los sistemas inmunitario, neuroendocrino y cardiovascular. El hecho importante es que estos cambios no aparentes relacionados con la edad se consideran normales y no estados enfermos.

No estamos enfermos porque experimentemos cambios normales debidos a la edad. Pero la probabilidad de enfermar aumenta con la edad, porque los cambios normales debidos a la edad nos hacen más vulnerables a enfermedades que, si fuéramos jóvenes, rechazaríamos más fácilmente. Por ejemplo, a medida que envejece nuestro sistema inmunitario, se vuelve menos eficaz para defendernos y más proclive a cometer fallos en esa defensa. Puede tomar las proteínas normales de nuestro cuerpo por proteínas

forasteras, produciendo así anticuerpos contra nuestras propias células. El resultado es una enfermedad autoinmune.

Las enfermedades relacionadas con la vejez *no* forman parte del proceso normal del envejecimiento. El cáncer, las cardiopatías, la enfermedad de Alzheimer y los derrames cerebrales son cada vez más probables, a medida que envejecemos, debido a nuestra menor capacidad de rechazarlos. Por tanto, aunque las pérdidas funcionales que ocurren en nuestros sistemas vitales a medida que envejecemos son sucesos normales, aumentan nuestra vulnerabilidad a las enfermedades o a los accidentes. Pero las enfermedades, a diferencia del envejecimiento, no son normales.

CAUSAS DE DEFUNCIÓN

En realidad, pocas personas por encima de los sesenta y cinco años de edad mueren por lo que consta en su certificado de defunción. Los cambios normales debidos a la edad que ocurren antes de la muerte aumentaron simplemente la vulnerabilidad del fallecido a cualquiera que fuese la enfermedad que consta en el certificado de defunción. El problema real no fue una enfermedad en concreto, sino cualesquiera cambios que ocurrieron en el cuerpo y que lo hicieron vulnerable a la enfermedad. Incluso los accidentes fatales pueden no haber sido la causa real de muerte de una persona anciana, si el accidente lo produjo la incapacidad de la persona para ver u oír bien y poder detectar el peligro o reaccionar con suficiente rapidez. Es también posible que una caída de la que una persona joven se recuperaría con facilidad sea fatal para una persona mayor, cuyos huesos tienden a la ruptura o cuyos cambios fisiológicos normales por la edad hacen la recuperación más difícil.

Además, cuanto mayor es una persona menos probable es que se lleve a cabo una autopsia para demostrar con precisión científica la causa de defunción. Algunos gerontólogos creen que realmente desconocemos la verdadera causa de la muerte en personas que pasen, digamos, de los ochenta y cinco, a veces llamados ancianos muy ancianos. En los pocos estudios que se han hecho, se ha comprobado que la mayoría de enfermedades de los ancianos existían desde mucho tiempo atrás sin signos clínicos, o con apenas signos de poca monta. Algunas formas de cáncer se observan en más de la mitad de autopsias hechas a ancianos muy ancianos, pero

no fue el cáncer lo que los mató. Más de las tres cuartas partes de ancianos muy provecos padecen de tres a nueve condiciones patológicas importantes. Obviamente, señalar una sola de ellas como causa de la muerte de una persona de mucha edad es a menudo inadecuado.

La causa de defunción en personas ancianas viene a ser una misteriosa «caja negra». Normalmente, se escoge una de las causas estándar de defunción de una lista oficial destinada a cumplir con los requisitos legales. En un estudio hecho en Connecticut, en 1985, sobre certificados de defunción, se concluyó que más de la mitad de las causas así certificadas eran erróneas. Mientras no sepamos las verdaderas causas de muerte en la rápidamente creciente población de personas mayores, pocos progresos cabe esperar de cara a la prolongación de la vida. No es lógico suponer que puede hacerse algún progreso en la comprensión de las causas de defunción sin antes conocer dichas causas.

Hasta hace unos treinta o cuarenta años, cuando no se conocía la causa de muerte en una persona anciana, se reconocía este hecho en los certificados de defunción mediante una forma de enunciado que atribuía la muerte a «causas naturales». Por aquella época, se moría mucha gente en los Estados Unidos por causas naturales; hoy día, poca. ¿Quién descubrió la causa de las «causas naturales» y, lo que es más importante, quién descubrió su curación? La literatura científica no describe en parte alguna la causa y el tratamiento de las causas naturales de la muerte; la extraordinaria modestia de los descubridores de la causa y del tratamiento de las causas naturales constituye un caso único en los anales de la ciencia biomédica. Además, este éxito monumental ocurrió a todas luces sin gasto alguno de dinero y ¡ningún administrador de la sanidad pública ha reclamado nunca por esta hazaña a la hora de pedir más fondos ante el Congreso! Los comités del Nobel han decidido igualmente ignorar a esos olvidados héroes. No deja de ser uno de los grandes enigmas de la ciencia biomédica que se consiguiera solucionar una de las causas más importantes de fallecimiento sin apenas saberlo nadie.

Pienso, sin embargo, que si conseguimos prevenir o curar las causas de muerte que ahora aparecen en los certificados de defunción, nos enfrentaremos a una epidemia aparentemente renovada de «causas naturales». Parece que las causas naturales desaparecieron como causas de defunción porque los médicos creyeron que escribir «causas naturales» en un certificado de defunción, incluso cuando la causa del fallecimiento era verdade-

ramente desconocida, suponía admitir con demasiada claridad que se era un ignorante en una época de cada vez mayor ilustración científica. Por ello se consideró que paro cardíaco, derrame cerebral, infarto pulmonar, cáncer o cualquier otra causa expresable era algo más aceptable, aun cuando se desconociera la verdadera causa de muerte. Sólo podemos especular acerca del impacto que este fenómeno acientífico y socialmente determinado haya podido tener en las estadísticas sobre las verdaderas causas de muerte de los ancianos en los últimos cincuenta años.

La mayor parte de la investigación biomédica se orienta a resolver las causas de muerte habitualmente descritas en los certificados de defunción, pero se ignora ampliamente la causa primaria de muerte: el *aumento de vulnerabilidad* a lo escrito en el certificado de defunción. Esa vulnerabilidad proviene del proceso normal del envejecimiento. Aun cuando se descubriera la curación de todas las formas certificadas de defunción, no podríamos evitar el destino de morir por causa de las pérdidas fisiológicas de la vejez, tan escasa es la investigación que se dirige actualmente a comprender el proceso del envejecimiento. Más investigación básica en la biología del envejecimiento serviría para alcanzar un doble objetivo: incrementando nuestro conocimiento de los procesos fundamentales del envejecimiento, conseguiríamos de paso conocimientos sobre cómo reducir nuestra vulnerabilidad a las causas de muerte que ahora aparecen en los certificados de defunción de las personas ancianas.

Sólo unos cuantos investigadores biomédicos trabajan en la actualidad en las causas latentes del envejecimiento que aumentan nuestra vulnerabilidad a las enfermedades crónicas y a los accidentes. A menos que se preste más atención a los procesos fundamentales del envejecimiento, el destino de los que tengan la fortuna suficiente de llegar a viejos será la muerte al cumplir o en torno a los cien años de edad. Y, pese a cuanto pueda escribirse en los certificados de defunción, las verdaderas causas de estas muertes permanecerán probablemente desconocidas.

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON LA EDAD

Aunque es importante distinguir entre cambios normales debidos a la edad y enfermedades, no siempre es fácil hacerlo y, a veces, hasta puede ser imposible. Por ejemplo, la menopausia, un acontecimiento normal relacio-

nado con la edad, parece aumentar en muchas mujeres el riesgo de osteoporosis y aterosclerosis. El desarrollo de la próstata es un fenómeno presente en casi todo los ancianos, y los cambios hormonales que la acompañan pueden derivar hacia varios tipos de enfermedades, incluido el cáncer. Podría decirse que realmente se trata de ejemplos de aumento de vulnerabilidad, pero la línea divisoria es muy sutil. Un ejemplo mejor de enfermedad relacionada con la edad es la formación de cataratas, producida por cambios normales en las proteínas que aumentan su opacidad. Cambios idénticos de proteínas en cualquier otra parte del cuerpo no producen trastorno alguno, pero en el cristalino del ojo la característica nebulosa puede llevar a la ceguera. Aquí la distinción entre cambios debidos a la edad y enfermedad es totalmente borrosa (juego de palabras intencionado).

La dificultad de determinar si algunos procesos debidos la edad son enfermedades se ve influida también por dos otras preocupaciones. Si envejecer, igual que llegar a adulto, es algo universal, entonces no debe ser visto como una enfermedad, porque ninguna enfermedad es universal. Con todo, como dijimos anteriormente, hay patologías que se encuentran en casi el 100% de personas ancianas. Quizá sea más apropiado preguntarnos si el envejecimiento es como una enfermedad porque no es nada deseable y, por lo mismo, debe prevenirse o curarse. Si la prevención y el tratamiento de la vejez son metas deseables, entonces podríamos tener razón diciendo que el envejecimiento es una enfermedad. Si no es así, los procesos de envejecimiento, igual que los procesos que nos hacen pasar de la infancia a la condición de adultos, son deseables y, por lo mismo, no son enfermedades.

Si supiéramos más acerca de los cambios que hacen envejecer a una célula y de aquellos que hacen que una célula enferme a nivel molecular, podría ser que fuera difícil o imposible distinguir diferencias. Sin embargo, el envejecimiento se manifiesta de una manera distinta que la enfermedad en niveles superiores de organización, mediante cambios en células, tejidos y órganos. Una distinción general es que las pérdidas fisiológicas características del envejecimiento se producen en definitiva en las células, los tejidos y los órganos de *todos* los miembros viejos de una especie, mientras que los cambios debidos a una enfermedad ocurren sólo en *algunos* de sus miembros.

ENVEJECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y ENVEJECIMIENTO INDIVIDUAL

Como hemos observado, es importante distinguir entre el envejecimiento de una población y el envejecimiento de los miembros individuales de la misma. Incluso los científicos pueden equivocarse si olvidan hacer esta distinción. Por ejemplo, muchos microbiólogos piensan que los animales unicelulares, como los paramecios, y las plantas unicelulares, como las bacterias o la levadura, son inmortales. En definitiva, argumentan, si se alimenta y cuida adecuadamente a estos organismos, pueden ser transferidos indefinidamente a nuevos contenedores. Como algunas cepas microbianas han sido trasplantadas durante décadas de esta forma, estos científicos argumentan que los organismos no envejecen y que son inmortales. Pero esto no es verdad. Por este mismo razonamiento erróneo, el ser humano debería ser también inmortal. Al fin y al cabo, existimos desde hace varios millones de años y es probable que sobrevivamos indefinidamente, si nos vamos reproduciendo con éxito y se solucionan las necesidades de la vida.

La *población* humana, igual que las poblaciones de animales o plantas unicelulares, es inmortal, pero los *individuos* humanos no. A un observador de otro planeta, a cuyo telescopio le faltara el poder de resolución necesario para ver dormitorios y lo que pasa en ellos, podría parecerle que los humanos se reproducen indefinidamente sin una mezcla periódica de genes. Le parecería que las madres dan a luz sin relación aparente con los padres. El sexo, que podría definirse como el mecanismo que reordena los genes, produce un rejuvenecimiento de la especie. Aunque alguien podría argumentar que el sexo rejuvenece propiamente a los individuos, uso aquí el término en un sentido más restringido. La mayoría de las poblaciones de plantas y animales unicelulares no han crecido en circunstancias en las que se haya impedido a los individuos singulares mezclar sus genes con los de los demás. En los pocos casos en que esto haya podido suceder, se ha visto que los organismos son tan mortales como los humanos. Igual que nosotros, deben periódicamente barajar sus genes con los de sus socios para asegurarse la continuación de su linaje.

Una bacteria o un paramecio individuales se dividen partiéndose en dos indefinidamente. Aunque pueda parecer que el proceso, llamado fisión, confiera la inmortalidad, el protoplasma de cada uno se reduce a la mitad, u a otra fracción, en cada división. Si la reducción es a la mitad, después de

unas 22 generaciones, sólo habrá una única molécula de la bacteria original en cada una de las bacterias remanentes. De modo que, tras 22 generaciones, la identidad física del padre original se ha esencialmente desvanecido. La sustancia del interior de cada célula no es inmortal.

Puesto que las plantas y los animales unicelulares se replican dividiéndose en dos, da la sensación de que no se producen cadáveres. Una idea antigua mantiene que, si no hay cadáver, no hay muerte. (La idea aparece en el sistema legal inglés y americano como concepto central del *habeas corpus*.) Sin embargo, si seguimos cuidadosamente el linaje de cada célula a lo largo de la división, descubriremos que muchos linajes acaban con la muerte de la célula. De modo que hay cadáveres. Si no los hubiera, después de 50 fisiones consecutivas, ¡habría millones de toneladas de células! Esto, evidentemente, no ocurre. En los pocos linajes en los que este proceso parece realmente inmortal, es casi seguro que se produce periódicamente un cambio de información genética (sexo). Igual que los organismos superiores, la mayoría de bacterias han desarrollado medios de intercambiar periódicamente información genética entre pares de organismos. A semejanza de lo que pasa con los humanos, la mezcla de genes de dos bacterias individuales no hará que alguna de ellas sea inmortal, pero tiene la capacidad de proporcionar inmortalidad a la población entera o especie.

Una especie de levadura, usada para fabricar cerveza, no se divide en dos para reproducirse, sino que se multiplica por esquejes. Los esquejes dejan una cicatriz en la superficie de la célula madre de la levadura, y de una célula madre sólo pueden brotar unas 24.000 células hijas aunque quede algo de superficie sin cicatrizar. Hay un límite para la capacidad de la célula madre de la levadura para reproducirse, igual como lo hay para la capacidad replicativa de las células normales tomadas de humanos y animales, un descubrimiento del que hablaremos más adelante.

Este tratamiento del envejecimiento de la población y de cómo se distingue del envejecimiento individual nos lleva ahora a considerar el panorama de la población general: cuántos ancianos hay (o habrá), dónde están, cómo viven y los efectos que estos factores tienen, o tendrán, sobre nosotros mismos y nuestras instituciones.