

# La conquista científica de la muerte

Ensayos sobre expectativas de vida infinita



Ciencias de la Salud

IMMORTALITY INSTITUTE

libros  
en red

# La conquista científica de la muerte

Ensayos sobre expectativas  
de vida infinita

Immortality Institute

Traducido por crionica.org

Colección  
Ciencias de la Salud



[www.librosenred.com](http://www.librosenred.com)

Dirección General: Marcelo Perazolo  
Dirección de Contenidos: Ivana Basset  
Diseño de cubierta: Daniela Ferrán  
Diagramación de interiores: Florencia N. Acher Lanzillotta  
Traducción: Liliana Ángela Matozzo, Ana Centeno Iglesias, Iván Casal Álvarez y  
Javier Ruiz Álvarez

Está prohibida la reproducción total o parcial de este libro, su tratamiento informático, la transmisión de cualquier forma o de cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, registro u otros métodos, sin el permiso previo escrito de los titulares del Copyright.

Primera edición en español en versión digital  
© LibrosEnRed, 2008  
Una marca registrada de Amertown International S.A.

Para encargar más copias de este libro o conocer otros libros de esta colección  
visite [www.librosenred.com](http://www.librosenred.com)

# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	6
<b>Resumen</b>	8
<b>Capítulo I: Ciencia</b>	
<b>Biomedicina, nanotecnología y otras estrategias</b>	9
Inmortalidad biológica	12
Dr. Michael R. Rose	12
La guerra contra el envejecimiento	21
Dr. Aubrey de Grey	21
El sueño del elixir de la vida	34
Dr. Joao Pedro de Magalhães	34
Clonación terapéutica	46
Dr. Michael D. West	46
Nanomedicina*	56
Dr. Robert A. Freitas Jr.	56
Cuerpo humano Versión 2.0	67
Dr. Raymond Kurzweil	67
El avance hacia la ciberinmortalidad	78
Dr. William Sims Bainbridge	78
¿Herederán la tierra los robots?	90
Dr. Marvin L. Minsky	90
Viaje médico en el tiempo	98
Dr. Brian Wowk	98

<b>Capítulo II: Perspectivas</b>	
<b>Ética, sociología y filosofía</b>	109
Algunas consideraciones éticas y teológicas	112
Dr. Brad F. Mellon	112
Superlongevidad sin superpoblación	120
Dr. Max More	120
Emanciparse de la muerte	133
Mike Treder	133
La fantasía contraproducente	140
Dr. Eric S. Rabkin	140
Conciencia del tiempo en una vida muy larga	149
Dr. Manfred Clynes	149
Confesiones de una inmortalista proselitista	157
Shannon Vyff	157
<b>Algunos problemas con el inmortalismo</b>	164
Ben Best	164
Una introducción a la moralidad inmortalista	168
Marc Geddes	168
¿Debemos temer a la muerte?	181
Dr. Russell Blackford	181
<b>Capítulo III: Recursos</b>	191
“¿Quién quiere vivir para siempre?”	193
Bibliografía	195
<b>Acerca de los autores</b>	200
Notas de los editores	206
Agradecimientos	207
<b>Editorial LibrosEnRed</b>	208

## INTRODUCCIÓN

La misión del Immortality Institute es conquistar la plaga de la muerte involuntaria.

Unos pensarán que este objetivo es científicamente imposible, y otros que sólo puede tener su origen en la arrogancia. El resto dirá que ni siquiera se debe mencionar la palabra maldita (muerte), porque lo único que se consigue con ello es asustar a la gente e impedir que la ciencia moderna ayude a extender drásticamente nuestra esperanza de vida saludable.

¿Qué debemos hacer? ¿Es posible que los científicos, o al menos la humanidad, llegue algún día a vencer la plaga de la muerte involuntaria? Si así fuera, ¿hasta qué punto tendríamos éxito? ¿Qué es posible hoy en día y cuáles son las predicciones de los expertos para el futuro? ¿Es factible algo llamado “inmortalidad”? Aún más, ¿es deseable? ¿Qué implicaría desde una perspectiva política, social, ética y religiosa?

Este libro nos ayudará a explorar todas estas cuestiones.

Cuando se planteó en el Immortality Institute la posibilidad de escribir un libro a partir de algunos debates de los foros on line, nos preguntamos cómo debería ser. En los últimos años se han publicado un par de excelentes libros sobre la conquista científica de la muerte (aparecen reseñados en la bibliografía). ¿Cómo lograríamos que este libro fuese especial?

Después de mucha reflexión, la respuesta era clara: éste debería ser el primer enfoque verdaderamente *multidisciplinar*. No sólo abordaríamos las teorías biológicas del envejecimiento, sino también las estrategias biomédicas que intentan contrarrestarlo. Además trataríamos puntos de vista alternativos, tales como la nanotecnología médica, la digitalización de la persona y la preservación criobiológica. No obstante, estos temas únicamente constituirían una parte del libro. También queríamos dar respuesta a algunas de las preguntas que suelen dejarse sin respuesta en el último capítulo de los libros de ciencia: si aceptamos que la extensión radical de la vida es una posibilidad científica real, ¿a dónde nos llevaría? ¿Acarrearía superpoblación, estancamiento y aburrimiento perpetuo? ¿Cómo cambiarían nuestra sociedad, nuestra cultura, nuestros valores y nuestra espiritualidad? Si la ciencia nos permite extender enormemente la vida, ¿debemos hacerlo?

Parecía claro que un solo autor, por muy instruido en la materia que fuera, no sería capaz de abordar correctamente este gran número de temas, así que decidimos publicar una recopilación de ensayos. Algunos provienen de una invitación pública; otros son contribuciones de figuras destacadas en determinadas materias y a las que se las invitó para la ocasión; y otros son reediciones especialmente seleccionadas. De entre las numerosas contribuciones, hemos seleccionado las que estimamos mejores. Fue una tarea muy complicada dado la cantidad de temas y la calidad de las propuestas. El resultado sólo podía ser un compromiso equilibrado entre transmitir adecuadamente la información científica y hacerla accesible a lectores legos. Un compromiso edificado entre la profundidad filosófica y el deseo de destacar su importancia. Y por supuesto, un compromiso entre la curiosidad sin límites y las limitaciones de espacio. Esperamos que disfruten del resultado.

## RESUMEN

Este libro se divide en dos partes: ciencia (que comprende biología, biomedicina, nanotecnología, digitalización y criónica) y perspectivas (que comprende literatura, historia, filosofía, sociología y ética). No obstante, esta división no es estricta puesto que las posibilidades científicas son el punto de partida de toda filosofía y, a su vez, los científicos que colaboran en este libro no rehuyen a las implicancias filosóficas de su trabajo.

Al final de todos los ensayos se indican importantes referencias. Todos los hipervínculos de Internet son válidos hasta abril de 2004. Si un vínculo dejara de estar activo, sugerimos notificarlo al Immortality Institute. Tengan en cuenta además, que el Immortality Institute facilita en <http://imminst.org/book1>, gráficos adicionales, tablas y otros materiales de interés a todos los que hayan adquirido este libro.

El libro concluye con comentarios, mucha bibliografía para profundizar las lecturas, información sobre los autores colaboradores y los agradecimientos.

Sin embargo y como veremos muy pronto, no hay tiempo que perder. Sí-gannos en esta conquista científica de la muerte.

El camino hacia la inmortalidad está a la vuelta de esta página.

# Capítulo I: Ciencia

## Biomedicina, nanotecnología y otras estrategias

Como corresponde, empezaremos por definir la materia de estudio. ¿Qué es la inmortalidad? ¿Cómo podemos definirla de forma científica y racional? ¿Es posible la inmortalidad biológica? Estas y otras cuestiones se tratan en el apartado **“Inmortalidad biológica”** de **Michael R. Rose**, profesor de biología evolutiva en la Universidad Irvine de California y autor de *“Evolutionary Biology of Aging”*, un libro que supuso una ruptura total con los enfoques que habían dominado la investigación del envejecimiento desde la década de 1960. Veremos cómo, lejos de ser algo científicamente imposible, existen razones de peso en la actualidad para creer que la inmortalidad biológica es posible.

Si en teoría se puede controlar el envejecimiento, ¿cómo podríamos, y cómo deberíamos hacerlo? **Aubrey de Grey**, una autoridad en la teoría del antienvjecimiento en la Universidad de Cambridge, perfila la estrategia general en **“La guerra contra el envejecimiento”**. En este ensayo que veremos más adelante, Aubrey de Grey aborda numerosas cuestiones, tanto científicas como sociales.

Tras esta introducción, analizaremos aspectos específicos de esta estrategia. En primer lugar la biomedicina, a cargo del microbiólogo **Joao Pedro de Magalhães** quien nos proporciona un resumen de cómo podría conseguirse **“El sueño del elixir de la vida”**.

Uno de los enfoques más prometedores y de máxima actualidad sobre el aumento de las expectativas de vida saludable es la ingeniería tisular con células madre. **Michael West**, presidente de *Advanced Cell Technology* y uno de los padres fundadores de la investigación moderna con células madre, es el autor de **“Clonación terapéutica”**. Este ensayo nos proporciona una interesante visión, no sólo de los antecedentes científicos del tema, sino también de sus experiencias personales y de sus esperanzas con relación a la conquista de la muerte.

Al tiempo que la investigación con células madre resulta ser un campo muy dinámico, somos testigos de la aparición en los últimos años de otro interesante campo relativo a los tratamientos antienvjecimiento potenciales: la **“Nanomedicina”** (ciencia que estudia la fabricación de dispositivos médicos

a escala nanométrica, y finalmente a escala molecular), que ya ha sido ampliamente tratada por los medios de comunicación, además de haber recibido generosas subvenciones públicas en Estados Unidos y Europa. **Robert A. Freitas**, un verdadero pionero, hace una descripción de la utilización de máquinas diminutas para conquistar la muerte. En la página <http://imminst.org/book1> aparece además una segunda parte de este apartado y numerosas ilustraciones.

Si en este asunto incluimos la utilización de máquinas de tamaño molecular, ya no hay límites para curar y reparar nuestros cuerpos envejecidos: **Ray Kurzweil**, un famoso experto en prospectiva y a quien en 1999 se le concedió la Medalla Nacional de Tecnología (en Estados Unidos), nos introduce en "**Cuerpo humano versión 2.0**", donde tecnología avanzada construye y define la sustancia de la que estamos hechos.

Esto nos ofrece una segunda perspectiva de la inmortalidad que va más allá de la biología. El **Dr. William Sims Bainbridge**, director adjunto de la Division for Information and Intelligent Systems at the National Science Foundation, plantea cómo se puede almacenar información digital sobre la personalidad, los sentimientos, los gustos y las manías. Mediante el almacenamiento de la unicidad de la persona, podríamos lograr algún "**Avance hacia la ciberinmortalidad**". Pero, ¿podemos ser más ambiciosos? ¿Seremos capaces, algún día, de copiar nuestro ser, nuestra esencia, en un ordenador?

El Profesor **Marvin Minsky**, cofundador en 1959 de lo que más tarde se convertiría en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT, se pregunta "**¿Herederán la Tierra los robots?**". Minsky apunta que la humanidad superará las limitaciones de la mortalidad biológica, no sólo con la conquista de la muerte, sino también mediante la ampliación de la conciencia.

"Vale, todo perfecto" podríamos decir, pero ¿se harán realidad todas estas predicciones a lo largo de nuestra vida? Para aquellos que buscan vencer a la muerte, el sueño de que esto ocurra en un futuro lejano podría no ser suficiente. En cualquier caso, el **Dr. Brian Wowk**, físico y criobiólogo, nos adentra en el "**Viaje médico en el tiempo**" a través de la criopreservación, ciencia que se ocupa de conservar el cerebro humano hasta que las predicciones científicas de las que hablamos en esta sección puedan llevarse a cabo.

## INMORTALIDAD BIOLÓGICA

DR. MICHAEL R. ROSE

No hay supersticiones como las de los biólogos profesionales. La biología es una materia que está experimentando un espectacular crecimiento y que, por tanto, no puede ser abarcada en su integridad por una sola persona. Pregúntele a un profesor de biología algo sobre un tema que nunca haya investigado; seguro que le responderá de manera incorrecta, basándose en información errónea extraída de un libro de texto obsoleto, suposiciones disparatadas y supersticiones. Puede que algunos profesores recuerden haber estudiado el tema para un examen oral, a medio camino en sus estudios de doctorado. No obstante, como eso ocurrió hace tanto tiempo, se sentirá más a gusto consultando antes un libro de su biblioteca. Resulta obvio que sus conocimientos se han visto mermados por el paso del tiempo y, sobre todo, es evidente su ignorancia respecto de los avances en las investigaciones más recientes. Basándose en datos inciertos, es poco probable que emita un buen juicio.

Y no sólo en lo que respecta al envejecimiento y la inmortalidad. Los biólogos suelen ser de la opinión que el envejecimiento es un gran misterio que ningún experto debería investigar.

“Todo envejece, así que probablemente este proceso tiene algo que ver con las leyes de la termodinámica, o tal vez con la síntesis de las proteínas. ¿No es un problema relacionado con el envejecimiento celular que demostró aquel colega llamado Hayburn, Hayflick o algo así? No puede detenerse, es definitivamente inevitable, así que mejor no preocuparse por ello”.

Y con cualquier otra pregunta sobre inmortalidad darían una respuesta semejante a la siguiente:

“¿Has dicho inmortalidad? Bueno, es un mito griego, ¿no? Nada que ver con la biología. Todo muere, por tanto la inmortalidad no puede ser algo real, de ningún modo. Es tan solo un engaño que nos prometen las religiones”.

Así que nuestro profesor, aliviado y agradecido, negará con la cabeza haber podido responder al menos a una de las preguntas sin tener que hacer referencia a ningún libro.

## UNA TERMINOLOGÍA ADECUADA PARA EL ENVEJECIMIENTO Y LA INMORTALIDAD

Sin embargo, sólo son ciertas muy pocas de las supersticiones de biólogos y médicos sobre el envejecimiento, la inmortalidad y la muerte. Para explicar esto es necesario redefinir la terminología utilizada.

La definición más objetiva es la que afirma que el envejecimiento es lo que sucede cuando las tasas de supervivencia, o reproducción, comienzan a descender de manera inexorable, incluso si los organismos se mantienen en entornos muy favorables en los que las enfermedades contagiosas se han eliminado, la alimentación es abundante y no existe probabilidad de ser devorado [1]. A algunas personas les gustan las definiciones de envejecimiento que incluyen rendimientos decrecientes, incremento de la pigmentación, reducción de la regeneración celular, etc. Pero esas definiciones dependen de las particularidades biológicas de cada organismo. Por lo demás, todos los organismos cuentan con índices de supervivencia y reproducción; por tanto, cuando las probabilidades de supervivencia alcanzan niveles muy bajos, los organismos mueren. También es importante excluir a todos los agentes externos que provocan la muerte. Es evidente que en esta definición de envejecimiento no están incluidos necesariamente los patrones humanos de mortalidad humana. Incluso durante el siglo XX, en las poblaciones del mundo occidental, encontramos máximos índices de mortalidad asociada al estallido de la Gripe Española de 1918 y la Primera y Segunda Guerra Mundial [1]. ¿Seguro que no debemos confundir esta mortalidad con la asociada al envejecimiento? Ningún biólogo profesional podría imaginarse que alguna vez existan en la Tierra organismos inmunes a cualquier posible causa de muerte o esterilidad. La superficie del sol eliminaría toda vida terrestre que se encontrase con ella sin la protección adecuada. Si existiese algo a lo que pudiésemos llamar "inmortalidad biológica," no podría significar la supervivencia bajo todas las condiciones imaginables.

En lugar de utilizar esa definición, una manera más razonable de definir la mortalidad es describirla como una característica de los índices de supervivencia o reproducción. Otro aspecto adicional a tener en cuenta es si la fertilidad debe, o no, ser incluida junto con la supervivencia en las definiciones del envejecimiento. Para algunos médicos, la pérdida de fertilidad que se produce con la edad tanto en hombres como en mujeres, es una clara manifestación del envejecimiento. Para otros profesionales, es un mero incidente.

Podemos definir la inmortalidad de una manera más precisa si utilizamos una definición del envejecimiento basada en la pérdida paulatina de la ca-

pacidad de supervivencia y de la fertilidad. Si definimos el envejecimiento como el deterioro constante de esas variables biológicas, tiene sentido entonces definir la inmortalidad como una propiedad de los organismos que no sufren tales deterioros. Es posible que dichas variables biológicas nunca hayan sufrido una pérdida paulatina de la capacidad de sobrevivir y reproducirse, y también es posible que hayan alcanzado un punto de equilibrio en el que se hayan detenido los deterioros constantes.

Después de haber definido el envejecimiento y la inmortalidad de forma concreta, podemos pasar a examinar la materia de una forma más o menos empírica.

## ALGUNOS DATOS ACERCA DEL ENVEJECIMIENTO Y LA INMORTALIDAD

Continuemos eliminando supersticiones. ¿Es universal el envejecimiento?

Está claro que no. Si todo envejeciese, hubiera sido imposible que las células productoras de espermatozoides y óvulos (línea germinal) sobrevivieran durante millones de años. La mayor parte de los plátanos que nos comemos a lo largo de la vida, provienen de clones inmortales producidos en las plantaciones. Incluso en organismos como los mamíferos, que poseen líneas germinales que se separan muy pronto del resto del cuerpo, la supervivencia y la regeneración de las células responsables de la producción de gametos (células germinales) ha continuado durante cientos de millones de años. La vida puede continuar de forma indefinida.

Pero aunque la vida se pueda prolongar de forma indefinida, ¿existen organismos que no envejecen, que son inmortales biológicamente? Debo ser claro respecto a un aspecto de la muerte: no es cierto que el envejecimiento sea necesario para destruir organismos que están en un laboratorio. Demostrar que una especie muere en un laboratorio no es equivalente a demostrar que esa especie no es inmortal. Los accidentes en el laboratorio destruyen muchas plantas, animales y criaturas incipientes microscópicas. Las mutaciones mortales también pueden destruir seres vivos a cualquier edad y en cualquier momento. Y también es imposible mantener a un ser vivo libre de toda enfermedad indefinidamente. No envejecer no implica ausencia completa de muerte. Los "inmortales" biológicos morirán con frecuencia, pero no por un proceso endógeno inevitable y sistemático de autodestrucción. La muerte no es envejecimiento y la inmortalidad biológica no es liberarse de la muerte.

Más bien, la demostración de la inmortalidad requiere constatar que las tasas de supervivencia y reproducción no muestran signos de envejecimien-

to. Existen muchos casos en los que tales patrones se infieren circunstancialmente en plantas y animales simples, tales como las anémonas. Pero los mejores datos cuantitativos que conozco me los proporcionó Martínez [2], quien estudió los índices de mortalidad en la hidra, animal acuático que se estudiaba en la asignatura de Biología del colegio. Martínez descubrió que su hidra no experimentaba, durante periodos de tiempo muy largos, descensos considerables en los índices que miden la capacidad de supervivencia. Las hidras murieron, pero no como consecuencia de patrones que sugirieran envejecimiento. Otros científicos han obtenido datos semejantes de pequeños animales [por ejemplo 3]. Algunas especies eran inmortales y otras no, y las inmortales se reproducían sin sexo.

Además, dada la inmortalidad evolutiva de las formas de vida, es claramente incorrecto invocar a las leyes de la termodinámica como causa de los límites de la vida. Siempre se ha considerado poco profesional esta invocación, ya que estas leyes sólo se aplican a sistemas cerrados, y la vida en la Tierra no es un sistema cerrado porque recibe un importante aporte de energía solar.

Por tanto, podemos considerar totalmente falsos algunos de los grandes prejuicios de los biólogos profesionales en relación con la inmortalidad. El envejecimiento no es universal. Existen organismos biológicamente inmortales. En cualquier caso, esta no es una conclusión muy trascendente. Hace décadas que sabemos suficiente sobre los procesos biológicos que producen la muerte como para llegar a esta conclusión. En cierto modo, lo que acabo de describir es la "antigua inmortalidad", la inmortalidad que siempre ha estado presente. Más adelante describiré una nueva inmortalidad que ha saltado a la luz pública en la última década, más o menos.

## INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE LA DEMOGRAFÍA DE LA INMORTALIDAD

Otra de las supersticiones de la mayoría de los biólogos es que, una vez que se inicia el envejecimiento, continúa avanzando de forma implacable hasta la muerte. Pero, ¿es implacable el envejecimiento?

En términos de tasas de mortalidad, podemos replantear esta cuestión preguntándonos si las especies que envejecen son susceptibles de aumentar continuamente los índices de mortalidad durante su edad adulta. En datos obtenidos de estudios sobre humanos, se observó por primera vez una deceleración de la mortalidad [4; 5]. Personas de edad muy avanzada no se morían tan rápido como esperaban los demógrafos, pero desde un punto de vista científico, los datos de supervivencia humana son difíciles de inter-

pretar, dado que se ven afectados por las guerras y los avances de la medicina. Es probable que los avances de la medicina hayan beneficiado, sobre todo, a los más ancianos. Los grupos humanos no proporcionan buenos datos para la inferencia científica, y los datos humanos nunca darán una respuesta clara a la implacabilidad del envejecimiento.

Las cosas cambiaron radicalmente a principios de la década de 1990, cuando se utilizaron grupos de insectos para estudiar los índices de mortalidad en edades avanzadas [6; 7]. Los insectos de laboratorio, mantenidos bajo condiciones adecuadas, tienen tasas de mortalidad decrecientes en edades avanzadas [8-10]. Las nuevas condiciones revelan tres fases de mortalidad: la edad temprana, la madurez y la edad avanzada. Durante la edad temprana, las tasas de mortalidad no muestran aumentos continuos. En la fase de madurez, las tasas aumentan con mucha rapidez. En la tercera fase, las tasas de mortalidad son constantes, aunque tienden a mantener un nivel muy alto de incidencia. Se podría decir que los organismos que llegan a la tercera fase, son biológicamente inmortales, puesto que ya no envejecen más. Esta es la nueva inmortalidad que me gustaría introducir en el debate sobre la consecución de la inmortalidad humana.

Previamente, me gustaría situar la nueva inmortalidad en un contexto biológico general. Una de las formas en que podemos clasificar los organismos es separando a los que son siempre inmortales de los que experimentan un período de rápido incremento de las tasas de mortalidad previo a un período de inmortalidad. Las especies que envejecen, lo hacen antes y se vuelven inmortales. La inmortalidad es, por tanto, la condición universal de la vida; el envejecimiento es la condición menos común. A largo plazo, este es un hecho de gran importancia para el futuro de la especie humana.

## ¿QUÉ OCURRE EN LA ACTUALIDAD?

La teoría evolutiva de la historia de la vida, del envejecimiento, etc., no está completa, pero es el mejor fundamento teórico para comprender el fenómeno de la inmortalidad, tanto la tradicional como la nueva. La selección natural es algo asombroso, sin embargo no es todopoderosa. Cuando la selección natural es débil, la supervivencia y la reproducción pueden peligrar; y la selección natural es relativamente débil a una edad avanzada. Piénsese, por ejemplo, en los genes que provocan la muerte de todo aquel que posee una copia del gen letal; si el gen mata durante la infancia, desaparecerá de la población en una generación. Bajo estas circunstancias, la selección natural es todopoderosa y esto nos permite comprender de manera intuitiva la

forma en que actúa. No obstante, si estos genes letales actúan en una edad avanzada, la selección natural no podrá eliminarlos, puesto que ya habrán pasado a la siguiente generación. La supervivencia futura de la víctima ya no tiene importancia en la transmisión de dicho gen. La selección natural es demasiado débil a edades avanzadas [10; 11].

A edades tempranas, la selección natural es fuerte y las tasas de supervivencia son altas, aunque no del cien por cien, ya que no es necesario envejecer para morir. Durante la madurez reproductiva, la selección natural se debilita progresivamente. Ello aumenta las tasas de mortalidad y, por tanto, provoca envejecimiento, incluso bajo condiciones ideales. Estas ideas explican tanto la muerte en la juventud como el avance del envejecimiento durante la madurez.

No obstante, existe un pequeño matiz que explica la inmortalidad final. La fuerza de la selección natural desciende a un ritmo constante durante la edad adulta. Pero no puede hacerlo eternamente, ya que no puede alcanzar valores negativos. Por tanto, finalmente llega a cero y se detiene, cuando se acerca el final de la vida. La fuerza de la selección natural llega a una etapa de estancamiento o meseta en la que se mantiene. Esto explica el porqué la inmortalidad surge a edad avanzada. Como la selección natural no puede ir a peor, los efectos evolutivos adversos se estabilizan. Y ya que estos efectos adversos son la causa del envejecimiento, su estabilización detiene dicho envejecimiento. Son sólo palabras, pero la teoría matemática explícita, demuestra que la aritmética de la selección natural puede producir un periodo de inmortalidad a una edad avanzada [13-15].

La Teoría de la Evolución explica la inmortalidad en organismos como las moscas y en nosotros mismos. También explica el porqué algunos organismos son siempre inmortales. La teoría evolutiva predice que los organismos que se reproducen por escisión de su cuerpo en dos partes semejantes no envejecen, al no verse debilitados por la selección natural. Después de un único acto reproductivo, surgen dos cuerpos jóvenes sin síntomas de envejecimiento. La selección natural permanece en su primera fase, a todas las edades. Estas especies siempre presentan inmortalidad biológica.

## LA MANIPULACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO Y LA INMORTALIDAD

Desde la década de 70, los biólogos evolutivos han retrasado, deliberadamente, el envejecimiento. Lo han logrado retrasando, durante generaciones, la selección natural lo cual se consigue, retrasando a su vez el momento

de la reproducción. La reproducción a edad más avanzada prolonga la fase en que la selección natural es fuerte. La Evolución realiza entonces todo el trabajo una vez que los patrones de selección natural han cambiado y el envejecimiento se retrasa con más facilidad [1, pág. 39].

Sin embargo, podemos abordar la manipulación de la duración de la vida de una manera completamente diferente. ¿Qué pasa si la meseta o etapa de estancamiento de la mortalidad se presentara a edades tempranas, con niveles óptimos de robustez fisiológica? Los individuos que hubieran sido sometidos a un tratamiento médico de estas características no envejecerían más. La tasa de mortalidad dependería de la edad a la que se produjera la transición a la inmortalidad. Si esta transición se produce a edades tempranas, la tasa debería ser baja. Es decir, la inmortalidad sería realmente saludable. Esta idea se publicó hace algún tiempo, en la novela de ciencia-ficción de 1970 *"One Million Tomorrows"* de Bob Shaw [16]. Shaw supone que el cese del envejecimiento requeriría el fin de la función sexual. Pero hoy en día no hay razón para aceptar tal conexión entre reproducción e inmortalidad. Cuando Shaw escribió la novela, la idea de la inmortalidad humana era literalmente ciencia-ficción, sin embargo, en mi laboratorio disponemos de datos que muestran este tipo de transición en organismos experimentales (la mosca de la fruta) mediante la utilización de la reproducción selectiva [17]. No hemos eliminado por completo el envejecimiento, pero hemos logrado disminuirlo y reducir los niveles de mortalidad durante el periodo inmortal de la vida. Incluso algunas de nuestras moscas dejan de envejecer antes.

La fase inmortal se puede manipular igual que se hace con el envejecimiento. En concreto, se puede adelantar la inmortalidad. Esto no quiere decir que los métodos utilizados para producir este efecto en el laboratorio puedan aplicarse en humanos, pero los resultados muestran que es biológicamente posible en animales simples.

## LO POSIBLE

¿Cuál es la situación real en lo que respecta a la conquista de la inmortalidad humana gozando de buena salud?

La vida no es adaptativa en sus últimas fases. Es, por el contrario, el producto de accidentes evolutivos. Puesto que estos accidentes no se centran en la selección, necesitan la participación de muchos factores biológicos. Conquistar la inmortalidad antes y de forma más beneficiosa, requiere la reestructuración de múltiples aspectos de nuestra biología. A diferencia de

lo que ocurre en la novela de Bob Shaw, en la vida real un simple fármaco o tratamiento médico, no será suficiente para hacernos inmortales mientras aún estemos sanos para disfrutar.

Afortunadamente, la biología del siglo XXI puede proporcionarnos miles de fármacos y otros tratamientos médicos, especialmente si se desarrolla todo el poder de la genómica. El sencillo elixir mágico de las películas de terror nunca podrá controlar ni dominar el envejecimiento y la inmortalidad, aunque nosotros no necesitaremos descubrir esa poción. Los coches de hoy en día tienen miles de piezas diseñadas con gran precisión para realizar su función. La conquista de una inmortalidad temprana y benigna no será menos compleja en términos de intervención médica, pero actualmente existen poderosas razones para creer que es, en la práctica, posible.

## AGRADECIMIENTOS

Estoy muy agradecido a L.D. Mueller, J.P. Pelan y C.L. Rauser, por sus comentarios en una versión anterior.

## REFERENCIAS

- 1) Rose, MR; 1991: *Evolutionary Biology of Aging*; Oxford University Press, pág 17-
- 2) Martínez, DE: "Mortality patterns suggest a lack of senescence in Hydra" en *Experimental Gerontology* (1998, Vol. 33); pág. 217-
- 3) Bell, G; "Evolutionary and nonevolutionary theories of senescence" en: *American Naturalist* (1984, Vol. 124); pág. 600-
- 4) Greenwood, M & Irwine, JO; "Biostatistics of Senility" en: *Human Biology* (1939 Vol. 11); pág 1-
- 5) Gavrilov, LA & Grailova, NS; *The Biology of Lifespan: A Quantitative Approach* (1991); Harwood
- 6) Carey, JR & Liedo, P & Orozco, D & Vaupel, JW; "Slowing of mortality rates at older ages in large medfly cohorts", en: *Science* (1992, Vol. 258); pág 457-
- 7) Curtsinger, JW & Fukuy, HH & Townsend, DR & Vaupel, JW; "Demography of genotypes: failure of the limited life-span paradigm in *Drosophila melanogaster*" en: *Science* (1992, Vol. 258); pág. 461-

- 8) Fukuy, HH & Ciu, L & Curtsinger, JW; "Slowing of age-specific mortality rates in *Drosophila melanogaster*", en: *Experimental Gerontology* (1993, Vol. 28), pág. 585-
- 9) Vaupel, JW & Carey, JR & Christensen, K & Johnson, TE & Yashin, AI & Holm, VN & Iachine, IA & Kannisto, V & Khazaeli, AA & Liedo, P & Longo, VD & Zeng, Y & Manton, KG & Curtsinger, JW; "Biodemographic trajectories of longevity" en: *Science* (1998, Vol. 280), pág. 855-
- 10) Drapeau, MD & Gass, EK & Simison, MD & Mueller, LD & Rose, MR; "Testing the heterogeneity of late-life mortality plateaus by using cohorts of *Drosophila melanogaster*" en: *Experimental Gerontology* (2000, Vol. 35), pág. 71-
- 11) Charlesworth, B; *Evolution in Age-Structured Populations* (1980) Cambridge University Press
- 12) Mueller, LD & Rose, MR; "Evolutionary theory predicts late-life mortality plateaus" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* (1996, Vol. 93), pág. 15249-
- 13) Charlesworth, B & Partridge, L; "Aging: Leveling on the grim reaper" en: *Current Biology* (1997, Vol. 7), pág. R440-
- 14) Pletcher, SD & Curtsinger, JW; "Mortality plateaus and the evolution of senescence: why are old-age mortality rates so low?" en: *Evolution* (1998, Vol. 52), pág. 454-
- 15) Charlesworth, B; "Patterns of age-specific means and genetic variances of mortality rates predicted by the mutation-accumulation theory of ageing" en: *Journal of Theoretical Biology* (2001, Vol. 210), pág. 47-
- 16) Shaw, B; *One Million Tomorrows* (1970), Ace Books
- 17) Rose, MR & Drapeau, MD & Yadzi, PG & Shah, KH & Moise, DB & Thakar, RR & Rauser, CL & Mueller, LD; "Evolution of late-life mortality in *Drosophila melanogaster*" en: *Evolution* (2002, Vol. 56), pág. 1982-

## **LA GUERRA CONTRA EL ENVEJECIMIENTO**

### **TEORÍAS SOBRE EL FUTURO DE LA INTERMINABLE HISTORIA DE LA EXTENSIÓN DE LA VIDA HUMANA**

**DR. AUBREY DE GREY**

Hasta comienzos del siglo XIX, casi una cuarta parte de los nacidos, incluso en los países ricos, morían antes de cumplir el año de vida. De igual forma, un número muy elevado de mujeres fallecía a consecuencia del parto. Louis Pasteur, el eminente médico francés, puede ser considerado sin mucha discusión, como la persona que más vidas ha extendido en la Historia gracias a su teoría sobre los gérmenes, y la consecuente apreciación de la importancia de la higiene en el cuidado médico y, por lo tanto, del poder de los antibióticos [1]. Si el estamento médico no se hubiera mostrado tan firme en la supresión de nuevas ideas, Ignaz Semmelweis [2] habría precedido a Pasteur en más de una década (retomaré este tema al final del ensayo). Este conocimiento de nueva adquisición supuso, en el mundo industrializado, una reducción de la mortalidad infantil de un orden de magnitud en el plazo de unas pocas décadas [3]. Sin duda, este descubrimiento se habría producido finalmente, pero no sabemos cuánto tiempo podría haberse demorado si Pasteur no hubiera aparecido en escena. Si tomamos como referencia un retraso de diez años –menos de lo que supuso la supresión del trabajo realizado por Semmelweis- podemos concluir que decenas de millones de personas que habrían muerto antes de cumplir el año de vida, lograron, no obstante, vivir hasta una edad media típica de la época, que estaba en torno de los 50 años. Así, si sumamos los años añadidos a todas esas personas, Pasteur podría haber logrado la cifra de 1.000 millones.

El resultado demográfico es que hoy día, la mortandad infantil está muy por debajo de los índices existentes entre los 50 y los 100 años. No obstante, los recursos destinados a la investigación y al cuidado médico demuestran que este hecho no ha incidido en la determinación de nuestras prioridades. Dedicamos grandes esfuerzos a preservar la vida de los bebés enfermos y nadie cuestiona el mérito de dicha política. En realidad, parece difícil imaginar cualquier argumento en contra que no cuestione lo que instintivamente entendemos por moral humana.

En este artículo me adentro en un escenario extremadamente sencillo y creo que su olvido por parte de otros, sólo puede deberse a una injustificable falta de visión de futuro: la idea de que los avances dirigidos a reducir

las tasas de mortalidad en edades avanzadas, reproducirán la trayectoria seguida por la reducción de la mortalidad infantil que acabo de exponer. Algún día (posiblemente en unas pocas décadas, como ya he tratado con detenimiento en otro artículo y que sólo resumiré aquí) haremos grandes avances en el cuidado y recuperación de la salud y el vigor de los ancianos. De similar manera, la posibilidad de añadir más años saludables tendrá consecuencias equiparables a lo que Pasteur y otros consiguieron con pacientes que, de no haber sido así, estaban destinados a morir en sus primeros años de vida. Pienso que a partir de entonces, y en adelante, nos esforzaremos obstinadamente en reducir aún más la incidencia de muertes involuntarias a cualquier edad. En los apartados siguientes esbozo algunos de los avances más importantes que probablemente logremos realizar en este empeño. Los últimos episodios que abordo podrían parecer, en principio, poco interesantes por distantes, aunque tal indiferencia es cuestionable si uno considera lo rápido que se va a empezar a disfrutar de un riesgo de mortalidad en descenso para aquellos que tengan acceso a los últimos avances médicos, un incremento de la esperanza de vida *restante*, a medida que pasa el tiempo. Personalmente me gusta llamar a este logro “velocidad de escape en la extensión de la vida”. En resumen, yo afirmo que es probable que la mayor parte de la primera generación que llegue los 150 años (si entendemos por tal generación todas aquellas personas que cumplan 150 años y que sean, como mucho, 30 años más jóvenes que los primeros en alcanzar dicha edad), serán personas que casi seguro ya existen, que podrían ser de mediana edad y que no morirán a menos que así lo deseen.

## LO SEGUNDO PEOR QUE PUEDE PASAR

La medicina antienvjecimiento merecedora de ese nombre aún no existe y no parece que vaya a existir en los próximos 15 ó 20 años. Cuando hablo de “merecedora de ese nombre” me refiero a aquellas intervenciones que puedan reestablecer de manera fiable la fuerza física y cognitiva, propias de la edad adulta, cuando se presentan disfunciones relacionadas con el envejecimiento.

Aparentemente, esto provoca tal desaliento en aquellas personas que no vivirán lo suficiente como para acceder a una verdadera cura contra el envejecimiento, que la sociedad permite que el término “medicina antienvjecimiento” se use para productos que no tienen una eficacia apreciable ni siquiera en frenarlo, y ya no digamos en invertirlo [4]. De todos modos, estas personas tienen una alternativa a la certeza de una inconsciencia per-

manente: una inconsciencia que podría ser permanente pero que también podría ser temporal. La criopreservación se está imponiendo con paso lento pero seguro: unas 1.000 personas se han inscrito ya para conservar la cabeza (y en algunos casos también el cuerpo) en nitrógeno líquido tras su muerte clínica y legal [5]. Esto podría parecer muy poco, pero no lo es si consideramos la reticencia del público general hacia la idea de una extensión de la vida a partir de medios puramente biomédicos (incluso en el caso de plantearse la idea como un objetivo; mucho más reticencia existe aún si el objetivo es previsible) [6]. De hecho, supongo que los inscritos comprenden una proporción respetable, y probablemente en aumento, del pequeño grupo que acepta la idea de una extensión extrema de la vida –y esto no debería sorprender a nadie dada la simplicidad de argumentos tales como la cita peculiarmente incisiva de Merkle: “La criónica es un experimento. Hasta ahora el grupo de control no lo está haciendo demasiado bien” [7]–. De ser así, la principal razón por la que la gente no sigue el camino de las organizaciones criónicas no es porque no estén convencidos de la *viabilidad* de ser reanimados en una era post-envejecimiento, sino porque dudan de su *conveniencia*. ¿Cuánto durará esto? Volveremos al tema de la criónica más adelante.

Me gusta definir la Guerra Contra el Envejecimiento (WOA por sus siglas en inglés) como el período que comienza con el anuncio de resultados de extensión de la vida en mamíferos (casi con seguridad ratones) lo suficientemente significativos como para obligar a la opinión pública a admitir que la extensión de la vida humana es posible, y que acaba con la aceptación de la efectividad de estas terapias, aunque en principio, dichas terapias tendrán un precio tan alto que sólo los más ricos van a poder permitírselo.

## DERROTAR EL ENVEJECIMIENTO TAL Y COMO LO CONOCAMOS HOY Y CÓMO SERÁ EN EL FUTURO

La Guerra Contra el Envejecimiento es sólo el principio de un período (indefinido) de reducción rápida y sustancial de las tasas de mortalidad. Mientras la WOA siga su curso, se producirá un crecimiento continuo en el número de personas que adopten cambios en su estilo de vida para aumentar sus oportunidades de vivir lo suficiente como para beneficiarse de las terapias de extensión de la vida. Sospecho, sin embargo, que estos cambios serán modestos en comparación con lo que ocurrirá cuando estas terapias aparezcan. Probablemente, provocarán una desestabilización en muchos aspectos de la sociedad moderna –evitar trabajos arriesgados pero vitales podría ser

un ejemplo obvio— aunque al reconocerse con cierto desagrado que aún no se sabe cuánto tardarán las terapias humanas en convertirse en realidad (y por tanto, si llegarán a tiempo para nosotros) supondrá que se limite la adopción de medidas extremas típicas de los tiempos de guerra.

La era post WOA comenzará cuando un apreciable número de gente de mediana edad —digamos el 10% de los más ricos de los 10 países más ricos— tenga acceso a los cuidados médicos que prolonguen la esperanza de vida saludable al menos dos décadas. ¿En qué consistirían esos cuidados médicos?

Como he comentado con detenimiento en otro artículo [8-10], parece que solamente son siete las categorías principales de diferencias moleculares y celulares entre jóvenes y ancianos que necesitamos reacondicionar para extender dos décadas la vida humana (“siete factores mortales”). Estos factores son: disminución de célula o su atrofia, mutaciones nucleares, mitocondria mutante, senectud de la célula, enlaces extracelulares, desechos químicos extracelulares y desechos químicos intracelulares

Además, he esbozado [8; 10-13] propuestas tanto para reparar como para obviar (lograr que dejen de ser patógenos a pesar de su acumulación) todos estos cambios. Todas estas propuestas ya son técnicamente viables. La tecnología precursora subyacente ya está desarrollada y el trabajo necesario para completarlos puede ser descrito con bastante detalle. He llamado a estos proyectos “Estrategias para el Diseño de una Senescencia Insignificante” (“Strategies for Engineered Negligible Senescence”, SENS por sus siglas en inglés) [8-10], ya que su meta es eliminar de los humanos la correlación positiva entre la edad y el riesgo de muerte por unidad de tiempo —definición técnica de senectud dada por los biogerontólogos.

Por desgracia, la mayor parte de las terapias SENS de primera generación no solo serán peligrosas y farragosas sino también incompletas. El estudio con detenimiento de este asunto excede los límites de este artículo, por eso, ahora sólo daré un ejemplo ilustrativo: la ruptura de los enlaces extracelulares entre proteínas.

La glicoxidación —proceso en el que las proteínas reaccionan con los azúcares en la circulación para formar aductos que puedan reorganizarse y experimentar reacciones de oxidación que dan lugar a nuevos enlaces con proteínas cercanas— determina la mayoría de estos enlaces [14]. Tales enlaces resultan en ocasiones perjudiciales para las estructuras extracelulares longevas, especialmente para las paredes arteriales, porque causan pérdida de elasticidad y, por lo tanto, que sean más propensas a sufrir daños mecánicos. La terapia de primera generación más prometedor para eliminar estos enlaces es una molécula conocida como ALT-711 [15]. Sin embargo,

sólo rompe uno de estos tipos de enlace, el conocido como enlace dicarbonilo [16]. Hemos identificado un número bastante importante de enlaces de otros tipos [17], y por desgracia, algunos tienen más estabilidad termodinámica que los enlaces dicarbonilos, lo que nos hace dudar de la posibilidad de que pequeñas moléculas no tóxicas puedan llegar a romperlos. Por tanto, podrían ser necesarios estudios más elaborados (que ya se tienen en consideración pero que quedan fuera del alcance de este artículo) para limitar indefinidamente el número de enlaces.

## LA TRANSICIÓN DE LA "VELOCIDAD DE ESCAPE"

Las consideraciones antes mencionadas suponen el reconocimiento de que el envejecimiento nunca podrá curarse de la misma forma en que se cura una infección bacteriana, es decir, nunca podrá ser eliminado completamente del organismo. Más bien, se podrá curar del mismo modo en que curamos la malaria o el SIDA hoy en día: podemos controlarlo con la medicación adecuada, pero tal medicación no puede administrarse de por vida con garantías. A pesar de todo, puede que al lector no le quede claro que lo expuesto arriba permita, ni siquiera, ese grado de "curación" del envejecimiento.

La razón puede resumirse en una palabra: secuenciación. Las terapias de segunda generación no serán necesarias hasta al menos dos décadas después de que lleguen las terapias de primera generación, ya que es el tiempo que pasará antes de que los "siete factores mortales" vuelvan a suponer una amenaza vital como antes de que llegaran dichas terapias. Por tanto, mientras las terapias de segunda generación lleguen en un par de décadas, en líneas generales, estaremos en el mismo punto (en cuanto a tasas de mortalidad) que si estas terapias hubieran llegado al mismo tiempo que las de primera generación. Claramente, esta misma lógica se extiende a todas y cada una de las siguientes generaciones de terapias. Dos décadas suponen una eternidad para la ciencia, especialmente si hablamos de ciencia con buena financiación, que será la situación en que se encuentre la ciencia que se encargue de la extensión de la vida para entonces. Por lo tanto, es prácticamente seguro que las terapias de segunda generación lleguen a tiempo. Tan pronto como logremos ampliar la esperanza de vida en dos décadas, podremos estar seguros de que los beneficiarios de estas terapias vivirán lo suficiente como para aprovecharse de las posteriores. La esperanza de vida de estas personas será entonces indefinida, incluso aunque sigan envejeciendo. La analogía con un proyectil lanzado desde la Tierra a una velocidad mayor que la de escape no es perfecta, pero yo la encuentro evocadora.

## AUMENTAR NUESTRO PLAZO DE TIEMPO

Por las razones analizadas anteriormente, me parece adecuado decir que la WOA llegará a su fin cuando las terapias SENS de primera generación estén disponibles. En cualquier caso, sólo he hablado de problemas específicos e identificables –y que son, necesaria e increíblemente parecidos a los objetivos de las terapias de primera generación–. ¿Pero qué pasa con todas esas cosas en las que no hemos pensado?

Creo que este asunto motivará –comenzando cuando la WOA llegue a su fin– un proyecto de investigación que eclipsará a la propia WOA. Nuestra capacidad indiscutiblemente limitada para predecir lo que nos deparará el envejecimiento, podría según parece, apuntar seguramente al don de la clarividencia. ¿O no? ¿Podríamos, metafóricamente hablando, apretar el botón de avance rápido para ver lo que nos depara el futuro? Tenemos la gran suerte de que esta opción es posible.

En concreto, creo que la humanidad creará y mantendrá una gran colonia de primates no humanos de varias especies diferentes –probablemente decenas de miles de animales– en los que probar las nuevas terapias de extensión de la vida. Los primates presentan tres características que, en conjunto, motivan esta acción: biológicamente son muy parecidos a nosotros; no hablan, por tanto, si el imperativo médico es suficiente, la sociedad se cree con derecho a hacerles casi cualquier cosa; y envejecen al menos al doble de velocidad que nosotros.

Por este motivo, una gran colonia de primates bajo condiciones muy similares a las que nos encontramos nosotros –el mismo tipo de dietas, la misma falta de ejercicio, y por supuesto, los mismos cuidados médicos, incluyendo todos los tratamientos de extensión de la vida existentes en el momento– manifestarán seguramente cualquier característica del envejecimiento que resulte amenazante para la salud muchos años antes de que llegara a aparecer en nosotros. Estos primates serán los destinatarios experimentales de generaciones sucesivas de terapias de rejuvenecimiento. Algunas de estas terapias tendrán efectos secundarios inesperados que acabarán con la vida de algunos miembros de la colonia, razón por la que necesitaremos una colonia tan numerosa, y con un número suficiente de miembros que tengan más de la mitad de años que cualquier ser humano vivo para asegurar que nuestros experimentos con primates tendrán continuidad antes de que necesitemos esos resultados. Por fortuna, a medida que pasa el tiempo, es cada vez más fácil: podríamos tener primates de 80 años antes que humanos de 160, pero con seguridad tendremos primates de 100 unos pocos años antes de que nosotros alcancemos los 200, y a partir de ese

momento, el plazo de tiempo aumentará sin parar. La conquista de edades inauditas acarreará una serie de retos biomédicos, y esta estrategia será nuestra principal arma defensiva.

## EVITAR TODAS LAS CAUSAS DE MUERTE INVOLUNTARIA

Cuando me acerqué a la biogerontología no vi nada erróneo, nada indigno en la muerte; lo que detestaba era el envejecimiento. Quería que la gente pudiera llevar la vida que quisiera; si alguien quería vivir al límite a sabiendas del riesgo de morir joven, yo no tenía nada que objetar en un mundo en el que esa persona probablemente moriría joven. Últimamente, sin embargo, he acabado por creer lo contrario.

La principal razón de mi cambio de idea es la gran incompatibilidad de mi anterior posición con la forma en que la gente, con una esperanza de vida aún importante y con algo de aprecio por ella, se comporta en la actualidad. Aquellos más proclives a realizar actividades peligrosas son los jóvenes, que no han asumido su propia mortalidad, y los desfavorecidos, cuya esperanza de vida es siempre modesta atendiendo al hecho de que tienen menos acceso a los cuidados médicos (sobre todo, a los cuidados preventivos), la mayor incidencia de asesinatos, etc. Lo mismo, creo, sucede a escala global. Tal vez es pura suerte que nos estemos acercando al 60 aniversario de la última vez que se produjo una guerra entre naciones de la Europa occidental, período que no se daba desde tiempos del Imperio Romano. Pero creo firmemente que esto se debe a un cambio radical en la disposición tanto de los políticos como del electorado para sacrificar sus propias vidas por el interés del orgullo nacional. La supresión de la pena de muerte en Europa y las cada vez más rigurosas restricciones sobre la posesión de armas en el Reino Unido son ejemplos del mismo fenómeno, así como la creciente hostilidad pública hacia el hábito de conducir bajo los efectos del alcohol. El mismo proceso se está produciendo en el mundo industrializado, si bien es cierto que va algo rezagado con respecto a Europa en algunos aspectos. Es por este tipo de razones –simple extrapolación del siglo pasado– por lo que auguro que la sociedad actuará de modo que se asegure que la muerte por causas “extrínsecas” siga siendo mucho más rara que la producida por causas a las que individuos fisiológicamente jóvenes suelen escapar. Esto supondrá una considerable aceleración en el índice según el cual cambiamos nuestro estilo de vida (en 1999 dije que una vez que curásemos el envejecimiento se declararían ilegales la conducción [18]; aún creo que es probable, a menos que los coches se automaticen mucho más y los accidentes por causas humanas

se reduzcan). Este es el componente final de la lógica subyacente en mi predicción [19] de que la media de edad a la que morirán los nacidos en las naciones ricas en el año 2100 superará los 5000 años, que es quizá el valor resultante de un disfrute permanente de la tasa de mortalidad de los adolescentes de tales naciones hoy en día pero multiplicado por 5.

## RECONSIDERANDO LA CONTINUIDAD CORPORAL

En el estudio anterior omití un aspecto que contribuye a la muerte involuntaria: la frustración. Los ajustes en la sociedad para disminuir la incidencia de la muerte por conflictos armados, homicidios y accidentes, ya son aceptados y bienvenidos en principio; lo único que se cuestiona es hasta qué punto estas medidas pueden ser llevadas a cabo sin infringir de manera inaceptable los derechos humanos o agotar recursos que también podrían lograr una extensión de la vida. Sin embargo, estos argumentos se debilitan a medida que el número de vidas perdidas por muertes evitables aumenta. Por lo tanto, consistiría en mantener las normas sociales contemporáneas si la cura contra el envejecimiento (y la extendida apreciación de que las muertes violentas privan al individuo de un número indefinido de años) provoca que la sociedad acepte estos cambios, incluso aquellos a los que nos hemos opuesto hasta la fecha. Pero no puede decirse lo mismo de los cambios en el estilo de vida que afectan gravemente y de forma permanente a la calidad de nuestras nuevas vidas indefinidas. Por desgracia, algunas de las actividades que hacen que nuestras vidas sean plenas, se asocian con un riesgo concreto. Algunas veces, sólo será un riesgo pequeño, pero incluso éste podría, en ese momento, ser mayor que el riesgo de morir de viejo, y por lo tanto, convertirse en algo que nos tomemos más en serio de lo que lo hacemos hoy. Es más, algunos de estos riesgos –especialmente la exposición a nuevas enfermedades infecciosas– no parecen susceptibles de desaparecer de manera uniforme y predecible a pesar de las grandes cantidades que, seguramente, gastaremos en combatirlos [20]. Así, nuestro éxito continuado y mejorado a la hora de evitar la debilidad tanto física como mental, estará al precio cada vez más alto y menos satisfactorio de evitar todas aquellas actividades que podrían matarnos.

Por esta razón, espero que en los próximos siglos trabajemos para desarrollar lo que podríamos calificar de “carga estática no invasiva” o, de una forma más prosaica, refuerzo de nuestro estado cognitivo. Llegados a este punto, parece verosímil, a pesar de no ser conocido, que todos los componentes persistentes de cada estado (es decir, todo excepto la memoria a corto plazo)

estén condensados en la red de conexiones sinápticas entre las neuronas. La resistencia de estas conexiones también es importante, pero quizás no con tanta precisión. Igualmente resulta verosímil que en dos o tres siglos, una versión de alta resolución de la resonancia magnética, pueda escanear el cerebro de una persona viva y detectar toda esta información. Tal cantidad de datos podría almacenarse fácilmente en soporte electrónico, ya que únicamente excede de 3 a 5 órdenes de magnitud la capacidad actual de un ordenador personal. Además, para entonces, las células cultivadas serán responsables, no sólo de la diferenciación en distintos linajes, sino también de la estimulación para crear conexiones sinápticas con otras células concretas a cuyos axones estén yuxtapuestas. Esto significa que, en principio, una copia del cerebro de una persona viva (es decir, todas y cada una de las células que lo componen) podría crearse desde cero, simplemente por micromanipulación *in vitro* de las neuronas de una red sináptica previamente escaneada (hacer esto en un tiempo inferior al geológico sería posible porque podría hacerse de forma paralela. Dado que la mayoría de axones son extremadamente cortos, pequeñas partes del nuevo cerebro podrían ser creadas en probetas aparte, dejando solo una pequeña parte de las conexiones para unir los módulos). Si esto se llevara a cabo a temperaturas cercanas a los 0° centígrados, no existiría actividad eléctrica durante la creación; y semejante cerebro (después de ser insertado en un cuerpo reconstruido con más facilidad) podría ser “despertado” simplemente con un calentamiento progresivo, del mismo modo que mucha gente se recupera de un coma inducido por hipotermia. Así, podría crearse un ser humano con el estado cognitivo de alguien fallecido (y, si fuera necesario, mejorado físicamente), incluso careciendo de una comprensión detallada de cómo ese estado cognitivo resulta de dicha red sináptica (como me temo que ocurre y ocurrirá durante mucho tiempo). Es la carencia de la necesidad de esa comprensión lo que distingue este procedimiento de la transferencia de nuestro estado cognitivo a un “hardware” completamente diferente en el cual realmente “funcionaría”, que es la esencia del verdadero concepto de “carga” de Moravec [21].

De ser así, ¿quién sería la persona creada? Seguramente se pretendería que fuera el fallecido. Sería complicado disentir, porque ya contamos con un precedente: la continuidad corporal no es la base de nuestro compromiso emocional con la persona que se durmió anoche en la cama o la que se despertará mañana en la misma cama. Es más, nos identificamos con la otra persona porque sabemos que su estado *mental* –independientemente de cuántos átomos comparta su cuerpo con el nuestro– fue / será tan parecido al nuestro que era / será indiscutiblemente nosotros. Esta línea de pensamiento genera cuestiones filosóficas increíbles acerca de la identidad (en los casos en que alguien es creado a partir de una copia de seguridad de

alguien que no ha muerto, por poner un ejemplo), pero creo que tales esoterismos no nos detendrán cuando lo veamos como una salida al carácter rebelde y contrario al hecho de correr riesgos de nuestra existencia. Este es el paso final en mis argumentos para suponer que incluso la primera generación de sexacentenarios no morirán, en su mayoría, de forma involuntaria; la adquisición (gracias a los medios descritos en apartados anteriores) de una esperanza de vida de 5.000 años significa que, aún cuando el escáner y la tecnología de reconstrucción citadas en este capítulo necesiten 500 años para llegar a desarrollarse, la mayoría de ellos seguirán vivos –en un estado juvenil– para beneficiarse de ellos.

Retomo en este punto el tema de la reanimación de pacientes criónicos. Ha llevado mucho trabajo desarrollar la tecnología que nos permita sumergir a una persona en nitrógeno líquido sin que se formen cristales de hielo en sus células, ya que estos cristales diezman las membranas celulares y por tanto imposibilitan la reanimación del individuo en el futuro, incluso suponiendo que dispongamos de la tecnología necesaria para identificar la causa de la muerte [22]. Creo que esto podría no haber sido tan importante como la mayoría ha supuesto, y me baso en una consideración de las circunstancias en las que un paciente criónico puede ser o no desvitrificado. No será suficiente haber criopreservado y reanimado a un chimpancé por ejemplo, y haber errado al detectar alguna diferencia en su personalidad, porque los ensayos de esa personalidad no serán adecuados para mostrar cambios sutiles que serían problemáticos si se dieran en un humano. La opción de reanimar a alguien no se llevará a cabo mientras exista el más mínimo riesgo de que no sea un éxito, y mientras la tecnología que pueda reducir ese riesgo no esté disponible (aunque sea a muy largo plazo). Por tanto, me parece que aquellos que en la actualidad ocupan los criostatos criónicos de Scottsdale y Detroit serán reanimados por medio de escáneres y reconstrucciones, y no por derretimiento o desvitrificación del cuerpo original. Y parece muy probable que ese escáner pudiera actuar de una forma tan eficaz en un cerebro plagado de cristales de hielo como en otro que hubiera sido vitrificado correctamente.

## EN CONCLUSIÓN

Hay posibilidades de que la primera generación de terapias SENS se desarrolle antes de mediados de siglo, de modo que podría regalar a los humanos de mediana edad entre 20 y 50 años extras de vida saludable. Pero sea cual fuere el tiempo que lleve, la mayor parte de aquel primer grupo

que se beneficie de tales terapias probablemente vivirá tanto como desee, mientras que aquellos que tengan cinco o diez años más sólo tendrán la opción crónica para vivir más de 150 años. Cada día que podamos acelerar el desarrollo de las terapias SENS concederá, por tanto, a unas 100.000 personas la oportunidad de ampliar sus vidas indefinidamente –y esta cifra es completamente independiente del momento en que lleguen dichas terapias–. Ya no podemos pretender que sabemos tan poco sobre cómo curar el envejecimiento como para decir que la fecha de este avance vendrá determinada por descubrimientos futuros y sorprendentes: ya estamos en la recta final. Estamos cometiendo una infracción cuyas consecuencias eclipsarán a las que supuso la supresión de las ideas de Semmelweis por parte del estamento médico.

## REFERENCIAS

- 1) Schwartz, Maxime; "The life and works of Louis Pasteur" en: *Journal of Applied Microbiology* (2001, Vol. 91); pág. 597–
- 2) Carter, Codell K & Carter, Barbara R; *Childbed Fever: A Scientific Biography of Ignaz Semmelweis* (1994); Greenwood Publishing Group
- 3) Armstrong, Gregory L & Conn, Laura A & Pinner, Robert W; "Trends in infectious disease mortality in the United States during the 20th century" en: *Journal of the American Medical Association* (1999, Vol. 281); pág. 61–
- 4) Olshansky, Jay S & Hayflick, Leonard & Carnes, Bruce A; "Position statement on human aging" en: *Journals of Gerontology A Biological Sciences Medical Sciences* (2002, Vol. 57A); pág. B292–
- 5) Paggetti, Maria; "The new ice age" en: *Esquire* (2003, Vol. 139); Página no disponible. Ver <http://www.cryonics-europe.org/esquire.htm>
- 6) Miller, Richard A; "Extending life: scientific prospects and political obstacles" en: *Milbank Quarterly* (2002, Vol. 80); pág. 155–
- 7) Alcor Life Extension Foundation; Notable Quotes, (2003) <http://www.alcor.org/notablequotes.html>; Citado originalmente en Alcor Indiana Newsletter (Junio 1992)
- 8) de Grey, Aubrey DNJ & Ames, Bruce N & Andersen, Julie K & Bartke, Andrzej & Campisi, Judith & Heward, Christopher B & McCarter, Roger JM & Stock, Gregory; "Time to talk SENS: critiquing the immutability of human aging" en: *Annals of the New York Academy of Sciences* (2002, Vol. 959); pág. 452–

- 9) de Grey, Aubrey DNJ & Baynes, John W & Berd, David & Heward, Christopher B & Pawelec, Graham & Stock, Gregory; "Is human aging still mysterious enough to be left only to scientists?" en: *BioEssays* (2002, Vol. 24); pág. 667–
- 10) de Grey, Aubrey DNJ; "An engineer's approach to the development of real anti-aging medicine" en: *Science of Aging Knowledge Environment* (2003, Vol. 2003); <http://sageke.sciencemag.org/cgi/content/full/sageke;2003/1/vp1>
- 11) de Grey, Aubrey DNJ; "Mitochondrial gene therapy: an arena for the biomedical use of inteins" en: *Trends in Biotechnology* (2000, Vol. 18); pág. 394–
- 12) de Grey, Aubrey DNJ; "Bioremediation meets biomedicine: therapeutic translation of microbial catabolism to the lysosome" en: *Trends in Biotechnology* (2002, Vol. 20); pág. 452–
- 13) de Grey, Aubrey DNJ & Campbell, F. Charles & Dokal, Inderjeet & Fairbairn, Leslie J & Graham, Gerry J & Jahoda, Colin AB & Porter, Andrew CG; "Total deletion of in vivo telomere elongation capacity: an ambitious but possibly ultimate cure for all age-related human cancers" en: *Annals of the New York Academy of Sciences* (2004, Vol. 1019); pág. 147– ; en prensa.
- 14) Monnier, Vincent M & Cerami, Anthony; "Nonenzymatic browning in vivo: possible process for aging of long-lived proteins" en: *Science* (1981, Vol. 211); pág. 491–
- 15) Asif, Mohammad, Egan, John, Vasan, Sara, Jyothirmayi, Garikiparthi N, Masurekar, Malthi R, Lopez, Santos, Williams, Chandra, Torres, Ramon L, Wagle, Dilip, Ulrich, Peter, Cerami, Anthony, Brines, Michael, Regan, Timothy J; "An advanced glycation endproduct cross-link breaker can reverse age-related increases in myocardial stiffness" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2000, Vol. 97); pág. 2809–
- 16) Vasan, Sara; Zhang, Xin, Zhang, Xini, Kapurniotu, Aphrodite, Bernhagen, Jurgen, Teichberg, Saul, Basgen, John, Wagle, Dilip, Shih, David, Terlecky, Ihor, Bucala, Richard, Cerami, Anthony, Egan, John, Ulrich, Peter; "An agent cleaving glucose-derived protein crosslinks in vitro and in vivo" en: *Nature* (1996, Vol. 382); pág. 275–
- 17) Baynes, John W; "The role of AGEs in aging: causation or correlation" en: *Experimental Gerontology* (2001, Vol. 36); pág. 1527–
- 18) de Grey, Aubrey DNJ; *The mitochondrial free radical theory of aging* (1999); Landes Bioscience

- 19) Richel, Theo; "Will human life expectancy quadruple in the next hundred years? Sixty gerontologists say public debate on life extension is necessary" en: *Journal of Anti-Aging Medicine* (2003, Vol. 6); pág. 307–
- 20) Lashley, Felissa R; "Factors contributing to the occurrence of emerging infectious diseases" en: *Biological Research for Nursing* (2003, Vol. 4); pág. 258–
- 21) Moravec, Hans; *Mind Children* (1988); Harvard University Press
- 22) Wowk, Brian & Leidl, Eugen & Rasch, Christopher M & Mesbah-Karimi, Nooshin & Harris, Steven B & Fahy, Gregory M; "Vitrification enhancement by synthetic ice blocking agents" en: *Cryobiology* (2000, Vol. 40); pág. 228–

## EL SUEÑO DEL ELIXIR DE LA VIDA

DR. JOAO PEDRO DE MAGALHÃES

El envejecimiento es un proceso universal de pérdida de viabilidad y aumento de vulnerabilidad. Aunque los mecanismos subyacentes al envejecimiento siguen siendo un misterio, es razonable esperar que lleguemos a entender el proceso de envejecimiento humano. Posiblemente a lo largo de este siglo, conoceremos todos los cambios que se producen en un ser humano entre los 30 y los 70 años de edad para que las probabilidades de morir se multipliquen casi por 32. Incluso si los investigadores detallaran todos esos cambios, incluso si los investigadores identificaran los mecanismos moleculares y celulares causales responsables del envejecimiento humano, no supondría necesariamente que se encontrara una cura para el envejecimiento. Hace más de 20 años que se identificó el VIH como el causante del SIDA y sin embargo aún no podemos curarlo [1]. Así que retrasar el envejecimiento, y ya no digamos detenerlo o incluso invertir el proceso del envejecimiento humano, va a ser una labor monumental. Es cierto que aún no conocemos en detalle los cambios que se producen a medida que los humanos envejecen, pero también es cierto que la cuestión más importante a la hora de estudiar el envejecimiento no es por qué envejecemos, sino cómo podemos detenerlo.

## LA TERAPIA COMO INFORMACIÓN

Una enfermedad de cualquier tipo es un cambio en el cuerpo a consecuencia del paso del tiempo, que puede acarrear molestias, dolor e incluso la muerte. Las terapias se proponen retardar, detener o invertir estos cambios, tanto con intervenciones a gran escala, como podría ser la cirugía, como transmitiendo la información necesaria al cuerpo. Por ejemplo, una infección bacteriana se puede combatir con penicilina, que es un vector de información que da la orden de lisis (ruptura) a la membrana bacteriana para exterminarla e invertir el estado de enfermedad. La mayor parte de las intervenciones farmacológicas son, en esencia, vectores de información que transmiten instrucciones cuyo objetivo es retardar, detener o invertir los cambios relacionados con una patología dada. Los anti-

bióticos, los analgésicos, los corticoides, los antidepresivos y otros muchos productos se ajustan a esta descripción. Las terapias actuales transmiten instrucciones relativamente sencillas: un analgésico ordena a las neuronas que dejen de transmitir señales de dolor y los corticoides ordenan al sistema inmune que reduzca la respuesta. Curar el envejecimiento probablemente requerirá la transmisión de cantidades de información mucho más grandes.

El envejecimiento es una enfermedad terminal que se transmite sexualmente y que puede definirse como el número de cambios que se producen en el cuerpo con el paso del tiempo y que acarrearán molestias, dolor y en ocasiones la muerte. Para curar el envejecimiento necesitaremos contar con múltiples tipos de células y señalar diferentes tipos de daños y disfunciones moleculares. Esta es la razón por la que los órganos trasplantados y la cirugía no serán una cura para el envejecimiento, al menos no la definitiva. El futuro de la medicina no se encuentra en las intervenciones a gran escala, sino en las más pequeñas, menos invasivas pero más precisas. La solución al envejecimiento no está en centrarse en las patologías individuales relacionadas con la edad, sino más bien en minúsculas estructuras capaces de dar órdenes a nuestro cuerpo para que rejuvenezca.

Gracias a la enzima telomerasa, es posible impedir que se produzcan determinadas formas de envejecimiento en células de cultivo [2]. Es igualmente posible invertir el programa genético de las células adultas para que rejuvenezcan mediante técnicas de clonación [3]. No existe ninguna ley natural que nos impida instruir a las células de un humano adulto para evitar el envejecimiento mediante, por ejemplo, el cambio del programa genético del ADN o a nivel epigenético. Y ya que el envejecimiento, como otras enfermedades, es el resultado de la interrupción y el desequilibrio molecular, también es teóricamente posible invertir los cambios relacionados que se producen con la edad mediante terapias moleculares y celulares precisas [4; 5].

Para ralentizar, detener e invertir el envejecimiento humano, necesitamos tres pasos: 1) retirar las células y moléculas dañadas o inactivas; 2) restablecer la función de varias moléculas y células reparándolas o sustituyéndolas; 3) modificar el programa genético para impedir que el proceso de envejecimiento se repita. Estas intervenciones son, probablemente, lo que necesitamos para equilibrar las reacciones químicas del cuerpo y los cambios estructurales moleculares dañinos a medida que envejecemos. Pero, ¿cómo podemos transmitir toda esa información masiva a nuestro cuerpo?

## INSTRUIR AL CUERPO HUMANO

La mayoría de las intervenciones farmacológicas se componen de sustancias químicas y biomoléculas que, normalmente, transmiten una única señal al cuerpo: el ácido acetil-salicílico, más conocido como aspirina, el antidepresivo fluoxetina, las hormonas, etc. Los últimos descubrimientos en genética química permitirán el desarrollo de pequeñas moléculas que se centren en genes y vías específicas [6], aunque las instrucciones sencillas que dan a nuestras células no parece que vayan a ser suficientes para curar el envejecimiento. Suponiendo que el envejecimiento se encuentra, en cierto modo, programado en nuestros genes [7], curar el envejecimiento requerirá ciertas tecnologías que no se encuentran disponibles en la actualidad. Por dar un ejemplo, existen docenas de enfermedades hereditarias originadas en genes simples para las cuales no existe aún una cura, simplemente porque carecemos de las tecnologías necesarias para activar y desactivar genes humanos. Mientras curar el envejecimiento requiera de transmitir grandes cantidades de información a nuestro cuerpo, necesitaremos nuevas tecnologías. Llegados a este punto, lo que haré será dar una breve introducción a las tecnologías más prometedoras para atajar el problema: terapia génica, intervenciones monogénicas, terapia celular y células madre y nanotecnología. A continuación trataré de adelantar cómo se puede curar el envejecimiento basándonos en las nuevas tecnologías y en los avances que se necesitarán.

## TERAPIA GÉNICA

Se considera que la terapia génica es la principal herramienta para transmitir información, genes en este caso, al cuerpo humano [8]. A pesar de que los genes se pueden inocular directamente [9], la mayor parte de los métodos de terapia génica implican el uso de un vector para el propósito específico de introducir ADN en las células. Los virus son los vectores más usados y muchos experimentos han mostrado ya el poder de este tipo de tecnología. En un descubrimiento interesante, la expresión del virus ante el IGF-1, un factor del crecimiento, invirtió los cambios relacionados con el envejecimiento que se producían en el sistema músculo-esquelético de ratones. En comparación con controles anteriores, se observaron incrementos de resistencia de casi el 30% en animales de edad avanzada sometidos a tratamiento [10]. Si el envejecimiento se puede invertir mediante la expresión de genes clave, parece prometedora la terapia génica. La muerte neuronal también se ha retrasado mediante la introducción de un único gen utilizando el virus del

herpes [11], y la inversión de la atrofia neuronal asociada al envejecimiento se ha logrado gracias a la terapia génica en monos [12].

La terapia génica es prometedora, pero también de alcance limitado debido a los problemas técnicos derivados del "ancho de banda". La ingeniería genética a gran escala es posible en embriones [13], y tal vez nuestros nietos nacerán sin envejecimiento. Pero las terapias actuales no proporcionan una tecnología que permita curar el envejecimiento en adultos. La principal razón es que los virus no pueden "transportar" mucha información genética. Un virus típico se compone de unos cuantos cientos de miles de unidades base, que resultan insignificantes al lado de los 3.000 millones de unidades base del genoma humano. Tal vez sea posible usar una combinación de virus, pero existen otros problemas. Los vectores virales pueden integrar de forma estable el gen deseado en el genoma de la célula a la que se dirige, pero la integración del gen puede mutar en oncogenes (los genes responsables del cáncer) provocando cáncer. Puede darse también una respuesta inmunológica contra los virus o los transgenes y puede resultar fatal, como en el famoso caso de Jesse Gelsinger [14]. La terapia génica basada en los virus no parece apropiada para curar el envejecimiento, no sólo porque su seguridad sea dudosa, sino porque la cantidad de información genética que pueden transportar los virus es insuficiente.

Además de los virus, se ha estimado que algunas bacterias pueden actuar como vectores en estas terapias (la principal ventaja estriba en el hecho de que las bacterias pueden transportar mayores cantidades de información y también pueden modificar el genoma) [15]. Como ocurría con la terapia génica con virus, la respuesta inmunológica es un problema importante. Se han obtenido algunos resultados prometedores de los tratamientos del cáncer [16], pero parece dudoso que los vectores bacterianos puedan convertirse en la solución al envejecimiento en un futuro próximo por motivos de seguridad.

Si la terapia génica puede utilizarse para la expresión de ciertos genes, el ARN interferente o ARNi puede utilizarse para desactivarlos. Pueden diseñarse minúsculas moléculas de ARN de doble enlace para bloquear un gen determinado [17]. Por ejemplo, se ha propuesto que bloquear la acción del gen responsable de la enfermedad de Huntington puede evitar la aparición de tal enfermedad. El ARNi puede verse como otro tipo de vector de información utilizado para transmitir información al cuerpo. Desde luego hay limitaciones, pero si determinados genes tienen que ser desactivados en determinados momentos para curar el envejecimiento, el ARNi parece una solución viable. De hecho, parece que los oncogenes se activan con el envejecimiento. Por eso, el ARNi y las intervenciones farmacológicas clásicas de una sola molécula [18] parecen una solución viable.

## TERAPIA CELULAR

La terapia génica y el ARNi tienen limitaciones en cuanto al número de genes sobre los que pueden actuar en las células. Una forma de superar esa limitación es sustituyendo las células, proceso conocido como “terapia celular”. Debido a la existencia de algunas restricciones teóricas como el número de modificaciones genéticas que puede tolerar una célula, la terapia celular presenta un mayor “ancho de banda”. Por ejemplo, en un experimento dirigido a tratar la enfermedad por déficit inmunológico SCID-X1, se extrajeron células del sistema inmunológico de un paciente, se modificaron genéticamente y se le volvieron a inocular, produciendo resultados alentadores [19].

Un área en expansión son las células madre. Una célula madre es una célula desprogramada que tiene potencial para convertirse en cualquier tipo de célula del cuerpo de un adulto. El envejecimiento se ha unido a una incapacidad de las células madre, asociada a la edad, para reponer las células maduras, y por consiguiente las intervenciones terapéuticas que mejoren la capacidad funcional de las células madre podrían mejorar las atrofas derivadas del envejecimiento de algunos sistemas y órganos [20]. Y lo que es más importante, con experimentos de transferencia nuclear como *Dolly* [3], es posible dar marcha atrás y generar células madre embrionarias a partir de un adulto [21; 22]. En teoría es posible modificar genéticamente estas células según las necesidades, diferenciarlas para que se conviertan en los tejidos u órganos necesarios, e implantarlas para tratar enfermedades relacionadas con el envejecimiento, procedimiento denominado “clonación terapéutica” [23; 24]. Ya que estas células son genéticamente idénticas a las del paciente, se producen muy pocas o nulas probabilidades de rechazo inmunológico.

La capacidad de las células madre para regenerar todo tipo de tejidos es prometedora [25]. En teoría es posible crear prácticamente todos los componentes de un cuerpo humano en un laboratorio y reemplazar los órganos y tejidos del paciente uno por uno. Las células madre se han utilizado con éxito para combatir las enfermedades coronarias [26], o para reparar daños en el cerebro [27] y en la médula espinal [28]. Por tanto, las células madre son increíblemente versátiles: los trasplantes de células madre mesenquimales en la médula ósea han demostrado que pueden viajar a través del cuerpo y convertirse en hueso o músculo donde sean necesarias [29]. Estos experimentos muestran cómo unas pocas células pueden impactar en todos los órganos propiciando regeneración, es decir, cómo pocas células pueden transmitir cantidades inmensas de información al cuerpo humano.

Aunque aún es necesaria mucha investigación y las células madre aún son caras para el uso generalizado, conocemos lo elemental para utilizar estas técnicas, y podemos suponer más aplicaciones prácticas en un futuro próximo. La capacidad de las células madre para la regeneración y reparación de tejidos, las convierte en excelentes candidatas para las terapias antienvjecimiento.

## NANOTECNOLOGÍA

Un humano adulto que una vez fue una célula diminuta, es una máquina autoensambladora compuesta por billones de componentes microscópicos. En líneas generales, el cuerpo humano consta de unos  $7 \times 10^{27}$  átomos y unos  $10^5$  tipos de moléculas diferentes, principalmente proteínas [30]. Los genes y las proteínas son nanoestructuras orgánicas que actúan con precisión molecular para formar componentes complejos como las células humanas. El concepto de nanotecnología, propuesto por primera vez por Richard Feynman y desarrollado más tarde por Eric Drexler, es la capacidad que tenemos para manipular materia y energía a escalas menores (si fragmentamos una unidad determinada en mil millones, cada una de esas partes se denomina "nano"). Esta capacidad aumentará hasta que alcancemos y superemos nuestras propias nanoestructuras biológicas [4; 31]. Un concepto clave en nanotecnología es el ensamblador molecular, una máquina capaz de ensamblar otras moléculas mediante una serie de instrucciones y con los recursos adecuados. Los ribosomas, las estructuras donde se crean las proteínas siguiendo las instrucciones de los genes, son ensambladores moleculares conocidos. Un ensamblador molecular sintético capaz de construir máquinas a escala molecular para orientar reacciones químicas específicas, nos permitiría crear dispositivos de precisión atómica con capacidad para realizar miles de funciones.

En teoría, las nanoestructuras se pueden crear para invertir reacciones químicas que inviertan el envejecimiento y los daños subsecuentes. El objetivo sería crear las nanoestructuras necesarias para invertir los cambios relacionados con el envejecimiento, produciendo las perturbaciones mínimas. Por ejemplo, el daño en el ADN aumenta con la edad. Incluso a pesar de que es discutible si esto es causa o efecto del envejecimiento, parece probable que si podemos crear nanoestructuras para invertir tales cambios, se podrían invertir al menos algunos de los aspectos de las enfermedades relacionadas con el envejecimiento. El cuerpo ya cuenta con muchas de estas nanoestructuras como parte de la maquinaria de reparación del ADN. Mejorarlas con nuevas nanoestructuras podría ayudar a que la balanza del daño en

el ADN contra su reparación se incline a nuestro favor, y por tanto invierta este tipo de daño. Las aplicaciones de la nanotecnología son diversas y no es posible describirlas todas, pero una posible aplicación sería diseñar bacterias, virus o incluso células madre que actuaran en terapias génicas sin que se produjera rechazo por parte del sistema inmunológico. Por ejemplo, tomando las nanoestructuras virales para integrar ADN extraño en células huésped y aplicarlo a las células madre.

La nanotecnología levanta mucha expectación y resulta prometedora. El principal problema es que, de momento, la nanotecnología es casi exclusivamente teórica sin posibilidad de muchos ensayos médicos o clínicos. Pero aún así, pueden ser necesarias nanomáquinas dirigidas a corregir los defectos moleculares para los que no existe otra herramienta natural (por ejemplo, la eliminación de la lipofuscina, también llamada pigmento del envejecimiento) [33].

## CAMBIAR EL ALMA HUMANA

El propósito final de la investigación del envejecimiento es crear lo que los alquimistas médicos denominan el "elixir de la vida", al que el escritor de ciencia-ficción David Zindell denominó "Godseed" [34], una entidad capaz de invertir los cambios moleculares y celulares que aparecen con el envejecimiento, y de cambiar el genoma de nuestras células para impedir que vuelva a aparecer. En principio, el Elixir necesitará transmitir una señal que induzca a la regeneración, como ocurre en animales que aparentemente no envejecen como langostas [35] y tortugas [36]. Podría darse incluso el caso de que la regeneración de los tejidos eliminara las moléculas dañadas y las células inactivas mientras reestablece su función al mismo tiempo. Por lo demás, el Elixir tendrá que incluir formas de eliminar nanoestructuras y células no funcionales mientras que al mismo tiempo reestablece su vigor juvenil. Después, los tejidos regenerados necesitarán impedir su envejecimiento, probablemente incluyendo las instrucciones necesarias para tal fin junto con las de orden de regeneración [37].

Desde una perspectiva tecnológica, el Elixir probablemente será una combinación de las técnicas presentadas con anterioridad: una mezcla de ARNi, terapia génica y células madre. El objetivo es dar a las células del cuerpo el orden de regenerarse, a la vez que se eliminan los genes no deseados. Además, incluso si no conocemos en detalle cómo invertir todos los cambios y patologías relacionados con el envejecimiento, podemos actuar sobre patologías específicas a través de terapias convencionales. Por ejemplo, para

poder regenerar al sistema inmunológico necesitamos evitar el timo de la degeneración, y serán necesarias intervenciones específicas. Finalmente, las nuevas nanoestructuras nos pueden permitir invertir determinados cambios degenerativos relacionados con el envejecimiento [32]. Así que no necesitaremos una nanotecnología desarrollada para crear el Elixir. Es imposible afirmar si los ensambladores moleculares sintéticos aparecerán dentro de 10, 50 ó 500 años, así que no tendremos que tener en cuenta, ni necesitaremos, la nanotecnología para curar el envejecimiento. La esencia del Elixir como tal se encontrará probablemente, en las células madre.

Un caso específico lo presenta el cerebro, la fuente de nuestra conciencia. De nuevo, la primera estrategia debería ser la regeneración. Parece peligroso utilizar virus y bacterias como vectores para la terapia génica en el cerebro, así que otra vez las células madre parece lo más indicado. Los métodos no invasivos de la expresión de genes exógenos en el cerebro ya existen y pueden ser útiles para la expresión de genes especialmente críticos [38].

Además algunas especies como los reptiles, las langostas y los pájaros, presentan capacidades regenerativas avanzadas y parecen no envejecer. La información derivada de estas especies para saber como modificar el genoma humano y así evitar el envejecimiento, también está a nuestro alcance [39]. Otro ejemplo; se está dirigiendo el trabajo a tratar de traspasar la capacidad regenerativa avanzada de los anfibios a mamíferos [40]. La biología sintética y los sistemas de información serán la cola con que ligaremos todos estos campos y nos permita diseñar, regular y aplicar el Elixir.

## CONCLUSIÓN

El Elixir de la vida no necesita ser nada más que tecnología actual combinada con algunas proezas de ingeniería. Lo que es más importante, la base teórica para desarrollar estas tecnologías ya existe. Lo que aún no hemos superado es el problema de hacer que funcionen de acuerdo con nuestras necesidades. Concretamente debemos: 1) desarrollar terapias para la regeneración celular basadas en las células madre; 2) poner en práctica la biología sintética para controlar las células madre; 3) probar y desarrollar la seguridad y precisión del ARNi, la terapia génica y las terapias moleculares; 4) aprender más sobre regeneración y las señales para cada tipo de tejido; 5) aplicar toda la ingeniería del genoma al envejecimiento. Por último, necesitamos saber dónde actuar. Es decir, qué es lo que provoca el envejecimiento en los humanos, qué nos va haciendo cada vez más débiles y vulnerables... pero de esto no nos ocupamos en este artículo.

Añadir por último que el Elixir de la vida no es sólo una utopía, sino también un objetivo alcanzable que podemos crear, seguramente en un breve espacio de tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al FTC de Portugal por su generosa financiación. J.P. de Magalhães está financiado por la subvención NIH-NHGRI CEGS a George Church. También dar las gracias a Robert Bradbury, George Church y Aubrey de Grey por nuestras maravillosas y creativas conversaciones.

## REFERENCIAS

- 1) Gallo, RC & Montagnier, L; "The discovery of HIV as the cause of AIDS" en *New England Journal of Medicine* (2003, Vol. 349); pág 2283-
- 2) Bodnar, AC & Ouellette, M & Frolkis, M & Holt, SE & Chiu, CP, Morin, GB & Harley, CB & Shay, JW & Lichtsteiner, S & Wright, WE; "Extension of life-span by introduction of telomerase into normal human cells" en: *Science* (1998, Vol 279); pág 349-
- 3) Wilmut, I & Schnieke, AE & McWhir, J & Kind, AJ & Campbell, KH; "Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells" en: *Nature* (1997, Vol 385); pág 810-
- 4) Drexler, EK; *Engines of Creation* (1986); Anchor Press
- 5) de Grey, AD; "An engineer's approach to the development of real anti-aging medicine" en: *Science of Aging Knowledge Environment* (2003, Vol 2003); pág VP1
- 6) Schreiber, SL; "The small-molecule approach to biology: Chemical genetics and diversity-oriented organic synthesis make possible the systematic exploration of biology" en: *Chemical & engineering News* (2003, Vol 81); pág 51-
- 7) de Magalhaes, JP; "Is mammalian aging genetically controlled?" en: *Biogerontology* (2003, Vol 4); pág 119-
- 8) Lyon, J & Gorner, P; *Altered Fates: Gene Therapy and the Retooling of Human Life* (1995); Norton
- 9) Symes, JF & Losordo, DW & Vale, PR & Lathi, KG & Esakof, DD & Mayskiy, M & Isner, JM; "Gene therapy with vascular endothelial growth factor

- for inoperable coronary artery disease" en: *Annals of Thoracic Surgery* (1999, Vol 68); pág 830-
- 10) Barton-Davis, ER & Shoturma, DI & Musaro, A & Rosenthal, N & Sweeney, HL; "Viral mediated expression of insulin-like growth factor I blocks the aging-related loss of skeletal muscle function" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (1998, Vol 95); pág 15603-
  - 11) Antonawich, FJ & Federoff, HJ & Davis, JN; "BCL-2 transduction, using a herpes simplex virus amplicon, protects hippocampal neurons from transient global ischemia" en: *Experimental Neurology* (1999, Vol 156); pág 130-
  - 12) Smith, DE & Roberts, J & Gage, FH & Tuszynski, MH; "Age-associated neuronal atrophy occurs in the primate brain and is reversible by growth factor gene therapy" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (1999, Vol. 96); pág.10893-
  - 13) Chan, AW & Chong, KY & Martinovich, C & Simerly, C & Schatten, G; "Transgenic monkeys produced by retroviral gene transfer into mature oocytes" en: *Science* (2001, Vol. 291); pág.309-
  - 14) <http://www.circare.org/pg.htm>
  - 15) Theys, J & Barbe, S & Landuyt, W & Nuyts, S & Van Mellaert, L & Wouters, B & Anne, J & Lambin, P; "Tumor-specific gene delivery using genetically engineered bacteria" en: *Current Gene Therapy* (2003, Vol. 3); pág.207-
  - 16) Thomas, CE & Ehrhardt, A & Kay, MA; "Progress and problems with the use of viral vectors for gene therapy" en: *Nature Reviews Genetics* (2003, Vol. 4); pág.346- ref 20) "Journal of Cellular Physiology"
  - 17) Tuschl, T; "Expanding small RNA interference" en: *Nature Biotechnology* (2002, Vol. 20); pág.446-
  - 18) Haseltine, W; "Regenerative Medicine: Systematic Application of Biotechnology, Bioengineering, Nanotechnology and Information Sciences for the Improvement of Human Health", ponencia en el 10<sup>th</sup> Congress of The International Association of Biomedical Gerontology, 19-23 septiembre de 2003
  - 19) Cavazzana-Calvo, M & Hacein-Bey, S & de Saint Basile, G & Gross, F & Yvon, E & Nusbaum, P & Selz, F & Hue, C & Certain, S & Casanova, JL; *et al.*, "Gene therapy of human severe combined immunodeficiency (SCID)-X1 disease" en: *Science* (2000, Vol. 288); pág.669-
  - 20) Donehower, LA; "Does p53 affect organismal aging?" en: *Journal of Cellular Physiology* (2002, Vol. 192); pág.23-

- 21) Cibelli, JB & Lanza, RP & West, MD & Ezzell, C; "The first human cloned embryo" en: *Scientific American* (2002, Vol. 286); pág.44-
- 22) Hwang, WS & Ryu, YJ & Park JH & Park, ES & Lee, EG & Koo, JM & Jeon, HY & Lee, BC & Kang, SK & Kim, SJ & Ahn, C & Hwang, JH & Park, KY & Cibelli, JB & Moon, SY; "Evidence of a pluripotent human embryonic stem cell line derived from a cloned blastocyst" en: *Science* (2004, Vol. 303); pág.:1669-
- 23) Cibelli, JB & Stice, SL & Golueke, PJ & Kane, JJ & Jerry, J & Blackwell, C & Ponce de Leon, FA & Robl, JM; "Cloned transgenic calves produced from nonquiescent fetal fibroblasts" en: *Science* (1998, Vol. 280); pág.1256-
- 24) Lanza, RP & Cibelli, JB & West, MD; "Human therapeutic cloning" en: *Nature Medicine* (1999, Vol. 5); pág.975-
- 25) Krause, DS & Theise, ND & Collector, MI & Henegariu, O & Hwang, S & Gardner, R & Neutzel, S & Sharkis, SJ; "Multi-organ, multi-lineage engraftment by a single bone marrow-derived stem cell" en: *Cell* (2001, Vol. 105); pág.369-
- 26) Orlic, D & Kajstura, J & Chimenti, S & Jakoniuk, I & Anderson, SM & Li, B & Pickel, J & McKay, R & Nadal-Ginard, B & Bodine, DM & et al; "Bone marrow cells regenerate infarcted myocardium" en: *Nature* (2001, Vol. 410); pág.701-
- 27) Bjorklund, A & Lindvall, O; "Self-repair in the brain" en: *Nature* (2000, Vol. 405); pág.892-
- 28) Liu, S & Qu, Y & Stewart, TJ & Howard, MJ & Chakraborty, S & Holekamp, TF & McDonald, JW; "Embryonic stem cells differentiate into oligodendrocytes and myelinate in culture and after spinal cord transplantation" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2000, Vol. 97); pág.6126-
- 29) Horwitz, EM & Prockop, DJ & Fitzpatrick, LA & Koo, WW & Gordon, PL & Neel, M & Sussman, M & Orchard, P & Marx, JC & Pyeritz, RE & et al.; "Transplantability and therapeutic effects of bone marrow-derived mesenchymal cells in children with osteogenesis imperfecta" en: *Nature Medicine* (1999, Vol. 5); pág.309-
- 30) [http://www.foresight.org/Nanomedicine/Cho3\\_1.html#Tab0301](http://www.foresight.org/Nanomedicine/Cho3_1.html#Tab0301)
- 31) Feynman, R 1959, "There's Plenty of Room at the Bottom: An invitation to Enter a New Field of Physics", ponencia en el Annual Meeting of the American Physical Society, 29 diciembre de 1959
- 32) Freitas, R; *Nanomedicine; Biocompatibility* (2003, Vol. IIA); Landes Bioscience

- 33) Freitas, R; *Nanomedicine; Basic Capabilities* (1999, Vol. I); Landes Bioscience
- 34) Zindell, D; *Neverness* (1990); Voyager
- 35) Klapper, W & Kuhne, K & Singh, KK & Heidorn, K & Parwaresch, R & Krupp, G; "Longevity of lobsters is linked to ubiquitous telomerase expression" en: *FEBS Letters* (1998, Vol. 439); pág.143–
- 36) Font, E & Desfilis, E & Perez-Canellas, MM & Garcia-Verdugo, JM; "Neurogenesis and neuronal regeneration in the adult reptilian brain" en: *Brain, Behavior and Evolution* (2001, Vol. 58); pág.276–
- 37) Ver ilustración en [www.imminst.org/book1/](http://www.imminst.org/book1/)
- 38) Shi, N & Pardridge, WM; "Noninvasive gene targeting to the brain" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2000, Vol. 97); pág.7567–
- 39) de Magalhaes, JP & Toussaint, O; "How bioinformatics can help reverse engineer human aging" en: *Ageing Research Reviews* (2004, Vol. 3); pág.125–
- 40) Brockes, J. P & Kumar, A; "Plasticity and reprogramming of differentiated cells in amphibian regeneration" en: *Nature Reviews Molecular Cell Biology* (2002, Vol. 3); pág.566–

## CLONACIÓN TERAPÉUTICA

DR. MICHAEL D. WEST

En una cálida noche de verano en agosto de 1999, me encontraba en una unidad de cuidados intensivos de un hospital de Indiana. Eran casi las 2 de la mañana, en esas horas oscuras e intensas previas a la salida del sol, cuando se producen la mayor parte de las muertes humanas. El corazón de mi querida madre latía a 140 pulsaciones por minuto, pero estaba a punto de expirar. Se estaba muriendo la mujer que me había dado la vida. Yo había concebido un plan que esperaba que pudiera ayudarla algún día, un plan en el que llevaba involucrado 20 años. Era un plan de intervención con profundidad en la biología del envejecimiento humano. Pero he de decir que todos mis esfuerzos parecían inútiles en aquel momento, frente a la gélida mirada de la muerte.

A petición mía, una enfermera pellizcó a mi madre una vez más en un dedo con un capilar, apretando la delicada yema con unas pinzas. Mi madre hizo una mueca, casi imperceptible. Esto fue suficiente para la doctora que la atendía. Ordenó desconectar el respirador que periódicamente introducía aire en los pulmones, y dejar de suministrarle la dopamina intravenosa que le hacía funcionar el corazón. Mis ojos estaban fijos en los monitores. El pecho de mi madre se deshinchó. En un principio, el corazón mantenía un ritmo constante de 140 pulsaciones, aunque luego empezó a descender, a la deriva, como una hoja en otoño: 140, 125, 110, 100...

Mi menté retrocedió a un día de otoño de 1960 cuando yo tenía 7 años. Mi madre y yo caminábamos por la acera en dirección a la tienda de la esquina. De pronto una hoja roja cayó lentamente de lo alto de un árbol que teníamos cerca. La hoja se posó en unos arbustos que había al lado de la acera y me detuve para recogerla. –Mamá, mira, un capullo-. Entre las hojas caídas había un capullo gris, del tamaño de un dedo pulgar, tejido entre las ramas de un arbusto. Lo arranqué y fuimos a la tienda.

Cuando llegamos a casa, mi madre colocó el capullo en el alféizar de una ventana biselada de la cocina y me olvidé de él durante los largos meses del invierno de Michigan. Un día de primavera ocurrió un milagro. Mi madre y yo acabábamos de bajarnos del coche y mi hermana vino corriendo y gritando, - ¡Date prisa, tienes que ver esto!-. Entré corriendo en la cocina y me paré en seco en la puerta asombrado. Una espectacular mariposa enca-

ramada en el alféizar de la ventana, con más colores, más grande y maravillosa que cualquier otra cosa que hubiera visto antes. Seis pulgadas de ala a ala y pintada con los colores aterciopelados del arco iris. Ya nunca se me fue de la cabeza el milagro del ciclo inmortal de la metamorfosis: huevo, oruga, mariposa y otra vez huevo.

## EL CICLO DE LA VIDA

Durante miles de años, nuestros antecesores observaron lo suficiente como para reconocer la profundidad del ciclo de la vida y el hecho de que, en cierto sentido, la vida es inmortal. Mientras sea cierto que las plantas envejecen y mueren, sobre el suelo bañado por el sol de la primavera, la resurrección de la vida vegetal sucede cada año. Y aunque una cebra muera, han existido cebras desde tiempos inmemoriales, y siempre han tenido rayas. En otras palabras, existe un sustrato inmortal de la vida, una constante que conecta las generaciones (un ciclo de la vida, un ciclo inmortal). El individuo desaparece, pero existe continuidad de individuos. Antiguamente se atribuía al reino de los dioses esta renovación continua de la vida.

Los antiguos egipcios fueron testigos de este ciclo inmortal de renovación en las orillas del río Nilo. Llegaron a venerar su permanencia. El sol muere cada atardecer en el cielo del oeste, sólo para renacer a la mañana siguiente; así, la vida del individuo es un fenómeno pasajero, pero el ciclo inmortal de la vida es en sí mismo inalterable. En la mente de los antiguos mitólogos egipcios, el fenómeno de renovación inmortal era más que una simple observación científica; era la piedra angular del sentido de la vida. Era, decían, el trabajo de un dios que se llamaba Osiris.

Osiris, a menudo representado con la cara pintada de verde para simbolizar la fuerza de esta renovación inmortal, era el fundamento de la antigua religión egipcia. Osiris no sólo escapó de la muerte y la corrupción sino que, dado que cualquiera de sus disciplinas podría enseñar el misterio del camino hacia la inmortalidad, podía incluso esperar una renovación inmortal de la vida que trascendiera de la muerte.

## CÉLULAS INMORTALES

Creo que un filósofo del antiguo Egipto se maravillaría de que, a partir de las secas arenas del desierto, los científicos del futuro aprendieran a hacer

crystal, y luego a moldearlo para convertirlo en lentes, y después apilar estas lentes para crear telescopios con los que agrandar el cielo nocturno, y microscopios con los que agrandar un mundo demasiado pequeño para ser visto por el ojo humano. El microscopio permitió a los primeros biólogos escudriñar la subestructura celular de la vida, y a mediados del siglo XIX se pudo afirmar de forma segura que el mecanismo de la reproducción animal se producía vía celular, y no debido a algún tipo de amorfa "fuerza vital". Toda vida proviene de una vida anterior, y todas las células provienen de células anteriores. En otras palabras, la ciencia dejó al descubierto la dinámica de la renovación inmortal. Existía un hilo invisible que conectaba generaciones: el linaje de células primordiales microscópicas.

El científico alemán August Weismann comprendió a la perfección las implicaciones de esta observación. La teoría celular implicaba que la vida actual en nuestro planeta se originó probablemente hace algunos millones de años a partir de animales unicelulares que eran inmortales. Con inmortal, Weismann no quería decir que no se las pudiera matar. De hecho, la lucha de los más sanos implicaba que los que morían eran sus parientes más débiles. Por "inmortal" entendía simplemente que no necesitaban morir, y supuesta una nutrición adecuada y sin accidentes, cualquier célula concreta podría seguir dividiéndose, sin dejar antepasados.

Weismann sugirió entonces que estas células inmortales originales podían haberse aferrado a sus descendientes tras la división, creando de este modo un pequeño grupo de células idénticas. Resulta sencillo entonces imaginar que estas células no hacen más que agruparse alrededor de sí mismas con sus descendientes para ayudarse en su lucha por la inmortalidad. Uno puede imaginar, por ejemplo, que por medio de "brazos de sujeción" de este tipo, tendrían más facilidad de movimiento en el agua, o tal vez serían más hábiles para evitar ser devoradas por otro animal.

## LA ESPECIALIZACIÓN DE LAS CÉLULAS

Pero los animales complejos y pluricelulares como usted y como yo, dejamos atrás a nuestros antecesores muertos. ¿Cuándo y por qué sucedió esto? Y aquí es donde Weismann realizó una propuesta revolucionaria. Supuso que algunas de las células de este grupo mutaban de manera importante. Cuando el más grande de los animales era aún un pequeño grupo de células (tal vez algo parecido al balón de células llamado Volvox, ese microscópico animal que habita en los estanques), algunas de estas células primordiales e inmortales se especializaban de un modo sutil para facilitar la reproducción

de sus células hermanas. Estas células especializadas, que se llaman células "somáticas" (del griego *soma*, cuerpo), perdían la capacidad de crear otros organismos como ellos mismos. Se habían especializado irreversiblemente.

Por primera vez en la historia, surge la especialización de los tipos de células. El cambio podría haber hecho que todo el organismo se adaptara mejor en su lucha por la supervivencia, pero el precio era que las células somáticas estaban destinadas a morir, perdiendo el potencial de su propia inmortalidad. Esta fue, según Weismann, la primera vez que apareció la muerte programada. Como dijo Wood Krutch en 1856:

La ameba y el paramecio son potencialmente inmortales... Pero en cuanto al Volvox, la muerte parece tan inevitable como para un ratón o un hombre. El Volvox ha de morir, igual que Leeuwenhoek tenía que morir porque ya tenía descendientes y ya no era necesario. Cuando llega el momento, cae lentamente hasta el fondo y se une a sus antepasados. Como Hegner, el zoólogo Johns Hopkins dijo una vez: "este es el primer advenimiento de la muerte natural inevitable en el reino animal y todo debido al sexo [1].

La cuestión de los mecanismos actuales del envejecimiento ha sido una de las cuestiones más desafiantes a las que se ha enfrentado la humanidad. El propio Weismann, reconociendo el significado de esto, consideró con detenimiento los posibles mecanismos de envejecimiento en el cuerpo. En 1881 dio una conferencia ante sus colegas científicos de la Association of German Naturalists titulada "Über die Dauer des Lebens" o "La duración de la vida". Supuso el primer esfuerzo por dejar al descubierto los mecanismos del envejecimiento en los animales pluricelulares aplicando la ciencia, en particular la biología celular y la evolución [2].

Vamos a detenernos ahora en cómo los animales y las plantas pluricelulares, que surgen a partir de formas unicelulares de vida, llegan a perder el poder de vivir para siempre. La respuesta a esta pregunta está estrechamente ligada al principio de división del trabajo del primer organismo pluricelular. Era probablemente un grupo de células similares, pero estas unidades perdían rápidamente su homogeneidad original: esta agrupación se dividiría en dos grupos de células, que recibirían los nombres de somáticas y reproductivas. A medida que la complejidad del cuerpo del metazoo aumentaba, estos dos grupos se separaban más abruptamente unos de otros. Muy pronto, las células somáticas superaron a las reproductivas en número, y durante este periodo de incremento, se terminaron de separar debido a la división del trabajo en los sistemas de tejidos diferenciados. Mientras todos estos cambios tenían lugar, se perdió el poder de reproducir grandes partes del organismo, y el poder de reproducción de todo el individuo se concen-

tró sólo en las células reproductivas. Pero, por consiguiente, de esto no se sigue el hecho de que las células se vieran obligadas a perder el poder de reproducirse ilimitadamente.

Así que Weismann realizó la asombrosa predicción de que mientras las células de la línea germinal de los animales pluricelulares, como los humanos, eran inmortales (en concreto, que podían duplicarse sin límites), las células somáticas eran mortales (esto es, que tienen la capacidad de dividirse un número limitado de veces):

La muerte tiene lugar porque un tejido desgastado no puede renovarse siempre, y porque la capacidad de aumentar en términos de división celular no es eterna, sino finito [2]

## EL EXPERIMENTO DE HAYFLICK

En 1961, el biólogo celular Leonard Hayflick publicó un trabajo de gran importancia que convenció a la comunidad científica de que las células del cuerpo humano (las somáticas) eran mortales [3]. Podían dividirse y reproducirse, pero como Weismann había predicho algunos años antes, incluso con factores de crecimiento óptimos, estas células finalmente agotaban su capacidad y se detenía el crecimiento.

Cuando introduje el tema de la investigación sobre el envejecimiento, a finales de la década de los 70, la observación de Hayflick ya constituía un dogma. Los humanos son una amalgama de células, algunas de las cuales son mortales y otras inmortales. Todo el mundo está pendiente de las mortales. Del mismo modo que los ladrillos se unen unos con otros con argamasa para construir las paredes de un edificio, así les pasa a nuestras células, cementadas unas con otras para formar cada uno de los tejidos de nuestro cuerpo. Y todos estos tejidos (huesos, sangre, piel, y las células de que están hechos) están destinados a envejecer. Estamos hechos de materia mortal. Las células de nuestro cuerpo, y por tanto nuestros cuerpos, comparten una sentencia a muerte. Así que le sorprenderá saber que existe una excepción.

## HEREDEROS DE NUESTRO LEGADO INMORTAL

En el cuerpo humano quedan reminiscencias potenciales de nuestro legado inmortal, células que tienen el potencial de no dejar tras de sí antecesores muertos; células de un linaje llamado línea germinal. Estas células

tienen la capacidad de la renovación inmortal tal y como se demuestra con el hecho de que los bebés nacen jóvenes, y con el potencial de dar lugar, algún día, a sus propios bebés, y estos a su vez a los suyos, para siempre.

En 1997, en la Geron Corporation y junto con una serie de colaboradores invitados, logramos aislar el gen que creíamos que transmitía esta capacidad de reproducción ilimitada a las células de la línea germinal. El gen codifica una proteína llamada telomerasa que da marcha atrás en el reloj del envejecimiento al final del cromosoma. El aislamiento de este "gen de la inmortalidad" suscitó una gran controversia debido a su potencia para dar marcha atrás al reloj Hayflick en las células del cuerpo humano después de que demostráramos que funcionaba en cultivos de células en el laboratorio.

Introducir el gen en un estado activo, literalmente detiene el envejecimiento celular. Las células se vuelven inmortales pero en cierto modo siguen siendo mortales. Este procedimiento, al que nos referimos en algunas ocasiones como terapia de la telomerasa, puede algún día dotar de un nuevo sentido a la transferencia de algunos de los poderes de renovación inmortal al menos en algunas de las células del cuerpo. Pero se ha demostrado que es complicado introducir, de manera eficaz, este o cualquier otro gen en la mayoría de los tejidos del cuerpo humano.

## CÉLULAS MADRE

Y así, mientras tanto, mi mente se dirigió a otros modos de explorar el rico filón de oro de la línea germinal inmortal. Un día de otoño de hace unos años, me tomé un descanso en mi trabajo sobre la telomerasa y me di un paseo por los muelles de la bahía de San Francisco. Comencé a pensar en lo que llamamos células madre. Una célula madre es una célula que puede ramificarse como las ramas de un árbol, creando otra célula madre o mutando hasta convertirse en una célula más especializada. Existe todo tipo de células madre en el cuerpo, algunas más "potentes" que otras, es decir, algunas de ellas tienen el potencial de volverse más parecidas a un determinado tipo de células que otras.

Aquel día me pregunté si sería posible crear en un laboratorio una célula madre humana totipotente. Aunque de momento esto es sólo teoría, esta célula madre podría potencialmente mutar en cualquier célula del cuerpo. Si nos imaginamos la ramificación de un óvulo fecundado en todas las cé-

lulas del cuerpo, estas células madre totipotentes serían análogas al tronco del árbol de la vida celular, la madre de todas las células madre.

Yo estaba muy al tanto del trabajo de Weismann por los años que dediqué a trabajar en el envejecimiento celular, y se me ocurrió que si pudiéramos aislar y cultivar estas células de la línea germinal, podrían volverse inmortales de forma natural y con resultados positivos de telomerasa, al menos hasta que fueran destinadas a convertirse en un tipo de célula mortal. Y lo que es más importante, todas las células que provienen de aquí serían jóvenes, igual que los bebés que nacen jóvenes.

## CÉLULAS MADRE EMBRIONARIAS

En los años siguientes y gracias al gran trabajo de colaboradores como Jamie Thomson de la University of Wisconsin-Madison y John Gearhart de la Johns Hopkins School of Medicine, las células pudieron ser aisladas por fin. Se les llama células madre embrionarias humanas debido a que provienen de la preimplantación de embriones humanos (cúmulos microscópicos de células que aún no han comenzado a desarrollarse ni se han adherido al útero para dar comienzo al embarazo). Estas células cumplen la labor de crear cualquier tipo de célula del cuerpo humano. Y tal y como esperábamos, creaban células jóvenes que en teoría podrían utilizarse para reparar o reemplazar células y tejidos envejecidos o enfermos.

El presidente George W. Bush se dirigió a la población norteamericana el 9 de agosto de 2001 para describir su política referente a la investigación con células madre embrionarias humanas. Sugirió que todos los fondos federales eran escasos para el número de líneas celulares que se habían aislado hasta la fecha. Puso de manifiesto sus preocupaciones morales sobre los futuros esfuerzos para aislar las células, exponiendo sus creencias religiosas en lo relativo a que las entidades de las que se obtenían las células no eran sólo un montón de células sino que también eran una pequeña persona [4].

Surgieron muchos problemas con la posición del Presidente. En la práctica, incluso si los fondos federales nos brindaran la posibilidad de manufacturar de forma eficiente algunas células de gran valor terapéutico, no estarían a nuestra disposición; es decir, que el organismo rechazaría en la mayoría de los casos las células transplantadas como si fueran invasores extranjeros. El milagro del laboratorio no nos conduciría fácilmente a un milagro equiparable en la cama del hospital.

## CLONACIÓN TERAPÉUTICA

Y así, en 1999, mis colegas y yo propusimos una solución polémica. Afirmamos que el procedimiento denominado transferencia nuclear de células (la transferencia de una célula somática a un óvulo enucleado) no sólo produciría embriones que al colocarse en el útero generarían un clon, sino que también podrían ser utilizados para crear células madre embrionarias [5]. Tales células serían esencialmente idénticas a las células del paciente. Esto podría solucionar los problemas restantes de histocompatibilidad creando células madre embrionarias y cualquier célula del organismo sin rechazo del paciente.

El uso de la transferencia nuclear de células somáticas con el fin de invertir la flecha del tiempo en las células de un paciente, recibe el nombre de clonación terapéutica. Esta terminología se utiliza para diferenciar este indicio clínico del uso de la transferencia nuclear para la clonación de niños, que a su vez se denomina clonación reproductiva.

Desde que comenzó el debate sobre la clonación terapéutica, el poder de la técnica se ha vuelto cada vez más impresionante. En abril de 2000, mis colegas y yo facilitamos las pruebas que demostraban que el óvulo podía actuar como una "máquina del tiempo celular", no sólo invirtiendo la flecha en diferenciación (es decir, no sólo convirtiendo una célula del cuerpo como la piel en una célula madre embrionaria) sino también haciendo lo inimaginable: devolver al cuerpo envejecido la inmortalidad y dando marcha atrás en el reloj del envejecimiento celular [6]. Estos resultados, ahora mostrados en múltiples especies de mamíferos, sugieren que podemos tener el potencial de invertir el envejecimiento de las células humanas del mismo modo.

Esto podría significar que podríamos crear células jóvenes de cualquier tipo para un paciente de cualquier edad. Mientras se supone que esta "máquina del tiempo" sea lo suficientemente grande como para hacerse cargo de una sola célula, las células regeneradas resultantes podrían teóricamente aumentar en número y convertirse en células jóvenes inmunes que repoblaran nuestra sangre, o en repoblar los vasos sanguíneos con células jóvenes y frescas, o cualquier tipo de células para tratar una inmensa cantidad de enfermedades para las que no contamos con ningún tratamiento en la actualidad.

## UNA ACALORADA POLÉMICA

A pesar de las buenas intenciones de los investigadores en este campo emergente de la medicina regenerativa, estas tecnologías han supuesto el

punto central de una de las más acaloradas polémicas de la historia de la ciencia. Esta polémica acerca de las células madre embrionarias ha dividido a Estados Unidos en dos partes enfrentadas, y las profundas implicaciones de las células madre para atajar las manifestaciones de enfermedades degenerativas han llegado al punto en que la intervención del hombre con las tecnologías haría enfadar a los mismos dioses.

En el caso de vidas moldeadas y limitadas por la muerte, nos vemos obligados a elegir nuestra propia posición respecto a estas nuevas tecnologías. En el verano de 1999, mientras estaba con mi madre en una pequeña habitación del hospital, yo ya sabía cuál era mi posición. Habría hecho cualquier cosa para salvar la vida a mi madre (es decir, cualquier cosa que no dañara a un ser humano).

Y tenía poderosas razones para creer que la clonación terapéutica no supone crear un ser humano individual, incluso en los estados más tempranos del desarrollo. Habría arriesgado mi propia vida, mis ahorros, mi reputación, había dado cualquier cosa para ayudarla.

## EL ENEMIGO ES LA MUERTE

El pulso de mi madre seguía descendiendo (90, 80, 20, 10, 8...). Su corazón era fuerte y nunca me hubiera preocupado de que muriera de un fallo cardíaco. Visualicé el abultado desequilibrio en la química sanguínea, los millones de células que pedían ayuda en su cuerpo, su increíble mente cayendo en el caos debido a la anoxia. Finalmente, las células de su corazón (enfrentadas por primera vez desde el origen de la vida en la tierra, al abismo de la muerte) renunciaron a seguir luchando y también cayeron en el caos y la arritmia. Habían llevado a cabo su objetivo inicial; habían traspasado su genoma a un hijo de forma satisfactoria. Los minutos pasaron. Con el mismo éxito con que la vida de mi madre había completado la tarea de la reproducción, yo encontré totalmente inaceptable la estrategia del ciclo de la vida. Allí estaba yo, odiando a la muerte.

Aquella noche fui hacia el coche un poco más tarde, deambulando en la oscuridad. Sin rumbo, ni reservas de avión; sentí que conducía al azar en la noche. Miré a lo alto en la cálida noche de verano y me fijé en una luna brillante pero tenue, y reconocí su significado. La luna ha sido durante miles de años una fuente de aliento para la humanidad a la hora de enfrentarse a la sombría realidad de la pérdida y de la muerte. En 14 días, se va partiendo en pedazos, como la muerte de Osiris, pero siempre se regenera en una fuga eterna.

En los años venideros, la ciencia y la medicina se entregarán a la promesa de la medicina regenerativa. Es inevitable que la célula inmortal, que puede hacer tanto como paliar el sufrimiento humano, encuentre su camino hasta la cama del hospital. Pero el cuándo estarán disponibles estas nuevas terapias para nuestros seres queridos, sólo depende de cómo la sociedad se enfrente a estos temas tan importantes.

Estados Unidos posee una orgullosa historia de liderazgo mundial respecto a la investigación de nuevas tecnologías. No se dudó en aplicar las mejores mentes en un esfuerzo para que el hombre pisara la luna. No nos detuvimos ante el miedo de enfadar a los dioses por conquistar los cielos. Pero ahora tenemos un reto aún mayor ante nosotros. Hemos sido dotados con dos talentos de oro. El primero, la raíz de la vida humana inmortal, o lo que es lo mismo, las células madre embrionarias. La segunda, la tecnología de transferencia nuclear. ¿Haremos como el buen criado de la Biblia y tomaremos estos regalos para la humanidad, usándolos con valentía para paliar el sufrimiento de nuestros seres queridos, o perderemos la posibilidad y fracasaremos estrepitosamente?

Estoy seguro de que Estados Unidos, que ha liderado históricamente la carrera tecnológica, encontrará el valor para liderar también la de la medicina regenerativa. Sólo espero que lo hagamos pronto; el tiempo no corre a nuestro favor.

## REFERENCIAS

- 1) Extraído de Gilbert, Scott F.; *Developmental Biology*, (1991) Sinauer; pág. 13–18
- 2) Weismann, August; „Über die Dauer des Lebens“ en: *The germ-plasm: a theory of heredity* (1882); Gustav Fischer Verlag; Ver Weismann, Augst, Traducido por W. Newton Parker & Harriet Rionnfeldt; (1912) Charles Scribner's Sons
- 3) Hayflick, L & Moorhead, PS; “The serial cultivation of human diploid cell strains” en: *Experimental Cell Research* (1961, Vol. 253); pág. 585–621
- 4) <http://www.whitehouse.gov/news/releases/2001/08/20010809-2.html>
- 5) Lanza, RP & Cibelli JB & West MD; “Prospects for the use of nuclear transfer in human transplantation” en: *Nature Biotechnology* (1999, Vol. 17); pág. 1171–4
- 6) Lanza, RP & Cibelli, JB & Blackwell, C & Cristofalo, VJ & Francis, MK & Baerlocher, GM & Mak, J & Schertzer, M & Chavez, EA & Sawyer, N & Lansdorp, PM & West, MD; “Extension of cell life-span and telomere length in animals cloned from senescent somatic cells” en *Science*; (2000, Vol. 288); pág. 665–9

## **NANOMEDICINA**

### **LA BÚSQUEDA DE UNA EXPECTATIVA DE VIDA SALUDABLE A PESAR DE LOS ACCIDENTES\***

**DR. ROBERT A. FREITAS JR.**

Parece más que probable que los mayores avances en la detención del envejecimiento biológico y en la prevención de la muerte natural provengan de la biotecnología y de la nanotecnología, es decir, de la nanomedicina. La nanomedicina se define, de forma simple y general, como la preservación y mejora de la salud humana utilizando herramientas moleculares y el conocimiento del cuerpo humano a nivel molecular [1].

Las herramientas moleculares nanomédicas pronto incluirán materiales biológicamente activos con estructuras nanométricas perfectamente definidas, tales como dispositivos constituidos por dendrímeros orgánicos y fármacos de fullerenes y nanotubos orgánicos. Deberíamos ver también cómo las terapias génicas y la ingeniería tisular se van generalizando en la práctica médica, contribuyendo a la extensión de la vida en las edades más avanzadas.

A medio plazo, en los próximos 5 ó 10 años más o menos, el conocimiento obtenido a partir de la genómica y la proteómica hará posible: a) nuevos tratamientos a medida del paciente; b) nuevos fármacos contra patógenos cuyos genomas se hayan decodificado; c) tratamientos con células madre para reparar tejidos dañados, reestablecer funciones o ralentizar el envejecimiento; y d) robots biológicos hechos de bacterias y otras células móviles cuyos genomas hayan sido remodelados y reprogramados. También podríamos ver dispositivos orgánicos artificiales que incorporen motores biológicos o estructuras de ADN autoensambladas orientadas a una gran variedad de aplicaciones médicas. Es posible también que veamos los primeros tratamientos anti envejecimiento dirigidos a combatir las 7 formas específicas de daño celular provocados por patologías conducentes a la muerte natural, tal como describe Aubrey de Grey y sus colaboradores [2], a pesar de que aún existen algunos obstáculos institucionales para avanzar a través de este enfoque convencional [3].

---

\* Nota de los editores: El documento original del Dr. Freitas incluye gran cantidad de gráficos, tablas y estadísticas que, por razones técnicas, no podían incluirse en esta versión impresa. Toda esa información junto con una versión ampliada de este artículo puede consultarse gratuitamente en inglés en la dirección de Internet: <http://www.imminst.org/book1>

A largo plazo, tal vez en los próximos 10 ó 20 años, deberían empezar a aparecer los primeros frutos de la nanorobótica molecular en el campo médico. Precisamente, mi trabajo teórico en nanomedicina se ha centrado en la nanorobótica médica utilizando diamantoides y nanocomponentes. Aunque es el campo más teórico y lejano, supone una gran promesa para la salud y la extensión de la vida. Con nanorobótica médica se podrán realizar, en tiempo real, reparaciones internas específicas de células individuales, eliminando en gran medida la muerte biológica natural.

Por otra parte, es bien conocido el trabajo teórico de Drexler y Merkle, donde se incluye un impresionante compendio de rodamientos, engranajes y otras partes de nanorobots. Los químicos computacionales del California Institute of Technology, lograron simular el que podría considerarse el diseño más complejo: una bomba nanométrica de neón de unos 6.000 átomos [5]. El dispositivo podría servir tanto como bomba de átomos de neón (si se mueve hacia atrás) o como motor para convertir la presión del neón en energía de rotación. Los investigadores observaron en las simulaciones dinámicas moleculares preliminares que podía funcionar como una bomba, aunque las deformaciones estructurales del rotor podían ser causa de inestabilidad a bajas y altas frecuencias de rotación. El motor no tenía un rendimiento eficiente, pero funcionaba.

El objetivo último de la nanotecnología molecular es desarrollar una tecnología de fabricación capaz de realizar, de forma económica, ordenaciones de átomos con detalle molecular. Construir nanorobots médicos hechos de millones o miles de millones de átomos y lo suficientemente baratos como para resultar prácticos en terapias médicas, requiere un nuevo tipo de tecnología de fabricación. La manipulación molecular será la producción mecanizada definitiva, en términos de precisión y flexibilidad. Para conseguir estos objetivos se han propuesto dos mecanismos principales: 1) ensamblaje posicional programable, incluyendo por ejemplo, la fabricación de estructuras diamantoides utilizando materia prima molecular, y 2) paralelismo masivo de todos los procesos de fabricación y ensamblaje.

A medida que las estructuras se vuelven más complejas, hacer que las partes se autoensamblen de forma espontánea en la secuencia adecuada es cada vez más complicado. A la hora de construir estructuras complejas, tiene más sentido diseñar un mecanismo que pueda ensamblar una estructura molecular por medio de lo que se denomina "ensamblaje posicional", es decir, recoger y emplazar fragmentos moleculares. Un dispositivo capaz de tal ensamblaje posicional a escala molecular trabajaría de forma similar a como lo hacen los brazos de los robots que fabrican automóviles en las líneas de producción de las fábricas de Detroit, o como los robots que

introducen a máxima velocidad componentes electrónicos en los circuitos informáticos de Silicon Valley. Por medio del ensamblaje posicional, el robot manipulador toma un elemento, lo lleva a la posición correspondiente y lo instala. El robot repite el procedimiento una y otra vez, con todas las diferentes piezas del proceso, hasta que el producto final queda completamente ensamblado.

Para construir nanorobots duraderos, primero debemos ser capaces de construir componentes diamantoides, de zafiro o de materiales de dureza similar. La adición controlada de átomos de carbono a una superficie creciente en un entramado de cristal diamantoide, recibe el nombre de mecosíntesis diamantoide [6; 7]. En 2003 propusimos una nueva familia de herramientas mecosintéticas dirigidas a emplazar pares de átomos de carbono ("dímero" CC) en lugares específicos de una superficie diamantoide creciente [6]. Estas herramientas deberían ser estables en el vacío y capaces de mantener posicionalmente a un dímero CC para la mecosíntesis diamantoide controlada a la temperatura del nitrógeno líquido, y posiblemente también a temperatura ambiente. La función de una herramienta de colocación de dímeros es posicionarlos y adherirlos con precisión en una estructura diamantoide molecular creciente, y por último retirar la herramienta, dejando el dímero en la estructura. Dímero a dímero se construye una estructura diamantoide precisa y completa molecularmente.

Para que sea práctico, tanto la fabricación de los nanocomponentes como su ensamblaje en los nanorobots, debe realizarse de forma automática y en paralelismo masivo. Debe haber muchas manos trabajando simultáneamente. Sin este paralelismo, habría demasiados átomos por dispositivo (millones/miles de millones) y demasiados dispositivos por ensamblarse (billones). Ya se están desarrollando nuevas tecnologías de ensamblaje posicional paralelo masivo, incluyendo series de manipulación paralelas masivas y sistemas autoreplicantes. Zyvex patentó lo que sería un ejemplo de series de ensamblaje paralelas, llamado "ensamblaje exponencial" [8]. También se han propuesto sistemas autoreplicantes conocidos como "ensambladores moleculares", esto es, máquinas diminutas que podrían fabricar nanorobots con precisión molecular [9].

¿Qué tipo de nanorobots médicos podríamos construir? Y si fuera posible, ¿qué harían? El primer dispositivo simple que diseñé hace 9 años fue el respirocito, un hematíe artificial [10].

Los hematíes naturales transportan oxígeno y dióxido de carbono por el cuerpo humano, y tenemos unos 30 billones de estas células en la sangre. La mitad del volumen sanguíneo corresponde a los hematíes, midiendo unos 3 micrómetros de espesor y 8 de diámetro. El respirocito es mucho más

pequeño que un hematíe; tan solo tiene 1 micrómetro de diámetro, más o menos el tamaño de una bacteria. El respirocito es un nanorobot independiente compuesto por 18.000 millones de átomos organizados de una forma muy precisa. A bordo disponen de ordenador y una central energética.

Los represento de color azul porque parte del armazón es de zafiro, una cerámica resistente de átomos de aluminio y oxígeno que resulta casi tan dura como el diamante. Pueden soportar con total seguridad una presión de 100.000 atmósferas, pero siendo conservadores, sólo los hemos expuesto a 1.000. Lo más importante es que disponen de bombas moleculares para cargar y descargar gases de los tanques presurizados. Decenas de miles de bombas independientes, llamadas rotores de clasificación molecular, recubren gran parte del casco del respirocito. Mientras el rotor gira, pueden arrastrarse a las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) o de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) al interior o al exterior del respirocito. Hay 12 estaciones de bombeo idénticas a lo largo del ecuador del respirocito, con rotores de oxígeno en el lado izquierdo, rotores de dióxido de carbono en el derecho y rotores de agua en el centro. Los sensores de temperatura y concentración comunican al dispositivo cuándo han de liberar o almacenar gas. Cada estación posee sensores de presión que, mientras el nanorobot sigue en el interior del paciente, recibe mensajes acústicos ultrasónicos de modo que los médicos puedan activarlos, desactivarlos o modificar sus parámetros operativos. En la figura puede apreciarse que la zona sombreada de la izquierda es el tanque de almacenaje de  $O_2$ , la de la derecha es el de  $CO_2$ , el punto negro del centro es el ordenador y el volumen abierto alrededor del ordenador puede estar vacío o llenarse de agua. Esto permite al dispositivo controlar la flotabilidad con gran precisión y proporciona un método rudimentario aunque sencillo para extraer al respirocito del torrente sanguíneo por medio de un centrifugador.

Cuando se construyan respirocitos, se podrán usar en víctimas de casos de incendio que hayan sufrido envenenamiento por monóxido de carbono. En una animación [11] documentada de la PBS (*Beyond Human*), se inyectaron 5 centímetros cúbicos de un fluido con respirocitos en las venas de un paciente. Comprobaron que tras pasar por los pulmones, el corazón y algunas de las arterias principales, los respirocitos inician su camino hacia los vasos más pequeños. Después de unos 30 segundos, llegan a los capilares del paciente y comienzan a liberar oxígeno revitalizante en los tejidos necesitados. En estos tejidos, el oxígeno se bombea desde el dispositivo por medio de los rotores de uno de los lados. El dióxido de carbono se bombea por los rotores del otro lado hacia el dispositivo, pasando una molécula cada vez. Medio minuto después, cuando el respirocito llega a los pulmones del

paciente, los mismos rotores invierten la dirección de giro, recargando el dispositivo con oxígeno fresco y deshaciéndose del CO<sub>2</sub> almacenado que puede exhalar el propio paciente.

Tan solo 5 centímetros cúbicos de respiróciticos, o lo que es lo mismo, una milésima parte del volumen total sanguíneo, pueden duplicar la capacidad de transporte de oxígeno. Cada respirócito transporta varios cientos de veces más moléculas de oxígeno fisiológicamente disponible que la misma cantidad de hematíes. Para hacernos una idea, digamos que la mayor cantidad de respiróciticos que se podrían introducir en el organismo, sería de medio litro, lo cual permitiría a una persona aguantar la respiración en el fondo de una piscina durante 4 horas, o esprintar a velocidad olímpica durante 12 minutos sin necesidad de tomar aire.

Otro nanorobot médico que he diseñado más recientemente es el microbívoro, un leucocito artificial [12-15].

Una de las funciones principales de los leucocitos es absorber y asimilar invasores microbianos del torrente sanguíneo. Es lo que se denomina fagocitosis. Los nanorobots microbívoros desempeñarían esa labor pero mucho más rápido, con mayor fiabilidad y bajo control humano. Igual que el respirócito, el microbívoro es mucho más pequeño que un hematíe, pero es más complejo que el respirócito ya que en su construcción se emplea 30 veces más átomos.

El microbívoro es una esfera aplanada con los extremos recortados. Mide unos 3 micrómetros de diámetro en el eje mayor y 2 en el eje menor. Este tamaño asegura que el nanorobot pase a través de los capilares más estrechos del organismo, por el bazo (por ejemplo, a través de las rendijas interendoteliales esplenoventrales) [16] y cualquier otra parte del cuerpo humano. El microbívoro posee una boca con una especie de puerto de ingestión en la que se introducen los microbios para ser digeridos. También posee una parte trasera o puerto de escape, que es por donde se expulsan los restos de patógeno completamente digeridos. La puerta trasera se abre entre el cuerpo principal del microbívoro y una cola cónica. Dentro del microbívoro hay dos cilindros concéntricos. La bacteria se trocea en pequeños pedazos en la cámara de morcelación, en el cilindro interior más pequeño, y los restos se expulsan hacia la cámara de digestión, al cilindro mayor exterior. En una secuencia preprogramada, a la bacteria se le añaden enzimas digestivas, y luego se extraen por medio de unos rotores selectivos. En sólo 30 segundos, estas enzimas reducen los restos del microbio a productos químicos simples inofensivos tales como aminoácidos, ácidos grasos y azúcares simples, y que luego se expulsan del dispositivo. Un neutrófilo humano, el más común de los leucocitos, puede capturar y engullir un microbio

en menos de un minuto, aunque la digestión completa y la excreción de los restos puede prolongarse durante una hora o más.

Pero lo primero que ha de hacer un microbívoro es procurarse un patógeno para poder digerirlo. Si la bacteria adecuada tropieza con la superficie del nanorobot, las zonas prohibidas reversibles del dispositivo la reconocen y la capturan. Una serie de 9 marcadores antigénicos diferentes debería ser suficientemente específica, ya que todos deben reconocer que se ha capturado el microbio correspondiente. Hay 20.000 copias de estas series receptoras de 9 marcadores, distribuidas en 275 zonas con forma de disco, a lo largo de la superficie del dispositivo. Dentro del anillo de receptores hay más rotores que absorben glucosa y oxígeno del torrente sanguíneo para alimentar al nanorobot. En el centro de cada disco receptor hay un silo con una especie de brazo a modo de garfio y cada uno de estos discos tiene un diámetro de 150 nanómetros.

Cuando los receptores reversibles capturan a una bacteria, los garfios telescópicos sobresalen del microbívoro y sujetan a la bacteria atrapada. Estos garfios se forman a partir de un brazo manipulador hermético diseñado originalmente por Drexler [17] para fabricación a escala nanométrica. Este brazo, de unos 100 nanómetros, tiene varias articulaciones rotatorias y telescópicas que le permiten cambiar su posición, ángulo y longitud. Sin embargo, los garfios del microbívoro precisan de un mayor alcance y de un ámbito de movimiento más complejo por lo que disponen de articulaciones adicionales. Tras salir del silo, un brazo-garfio realiza complejos movimientos de rotación, mientras que los adyacentes pueden tocarse entre sí para rechazar los objetos que se adhieren, incluso partículas víricas. Gracias a estos movimientos de los garfios, se puede transportar a una bacteria con forma de varilla desde el lugar que se captura hasta la boca del dispositivo. Los garfios van girando a la bacteria hasta darle la orientación adecuada.

Nuestros leucocitos naturales, incluso ayudados por antibióticos, pueden tardar semanas o meses en limpiar de bacterias el torrente sanguíneo. En comparación y para que veamos como actúan, una única dosis terabot de microbívoros sería capaz de hacerlo en sólo unos minutos u horas, incluso en caso de infecciones localmente graves. Los microbívoros podrían funcionar hasta 1.000 veces más rápido que los leucocitos naturales. Metabolizarían casi 100 veces más material microbiano que un volumen igual de leucocitos naturales, fuera cual fuera el periodo de actuación.

Pero con nanorobots médicos son posibles aplicaciones incluso más poderosas, sobre todo en lo que respecta a la reposición o reparación celular. Por ejemplo, la mayoría de las enfermedades conllevan una disfunción molecular a nivel celular, siendo la expresión génica de las proteínas la que

controla significativamente la función celular. Por consiguiente, muchas enfermedades son consecuencia tanto de cromosomas defectuosos como de expresiones génicas defectuosas. En muchos casos resultaría más eficaz extraer los cromosomas existentes de la célula enferma y reemplazarlos por otros nuevos. Este procedimiento se llama "terapia de sustitución de cromosomas".

En este procedimiento, en primer lugar se fabrican los cromosomas de sustitución fuera del organismo con un dispositivo de producción clínica en serie que incluye una línea de ensamblaje molecular. El genoma individual se usa como cianotipo o dato. Si el paciente quisiera, los genes defectuosos adquiridos o heredados se podrían reemplazar con secuencias par-base sin defectos durante el proceso de fabricación de cromosomas, y así eliminar de forma permanente cualquier enfermedad genética, incluyendo condiciones relacionadas con el envejecimiento. Los nanorobots llamados cromalocitos [18], que portan cada uno una copia de los cromosomas modificados, se inyectan en el cuerpo y viajan hasta el tejido correspondiente. A continuación se produce la citopenetración y el tránsito intracelular hasta el núcleo, donde los cromalocitos cambian los cromosomas existentes por los cromosomas desnaturalizados en cada uno de los tejidos celulares del organismo (lo cual requiere una dosis de varios billones de nanorobots), para luego abandonar la célula y el tejido, reincorporarse al torrente sanguíneo y finalmente ser eliminados a través de los riñones.

## DECRONIFICACIÓN: TRATAMIENTO CONTRA LA AFECCIÓN LLAMADA MUERTE NATURAL

El resultado final de todos estos avances nanomédicos dará lugar a un proceso que denomino "decronificación", o más coloquialmente, "dar marcha atrás al reloj". No encuentro problemas éticos serios en esto. De acuerdo con el modelo de enfermedad normativo volitivo más adecuado en nanomedicina [19], si somos fisiológicamente viejos sin quererlo, la vejez y el envejecimiento (y la muerte natural) son enfermedades, por lo que tenemos derecho a que nos curen. La decronificación detendrá primero el envejecimiento, y luego reducirá la edad biológica mediante tres clases de procedimientos en cada una de los 4 billones de células tisulares del organismo.

En primer lugar, se envía un respirocito (o un microbívoro) para que se introduzca en los tejidos y elimine tanto las toxinas metabólicas acumuladas como el material no degradable. Acto seguido estas toxinas volverán a

acumularse como lo han hecho durante toda nuestra vida, y posiblemente necesitaremos una limpieza corporal a fondo, probablemente una vez al año, para evitar de nuevo el envejecimiento.

En segundo lugar, la terapia de reemplazo de cromosomas se podrá emplear para corregir el daño y las mutaciones genéticas graves en cada una de las células. Esto se podrá hacer también anualmente o quizás con menor frecuencia.

En tercer lugar, el daño celular y estructural persistente que no pueda reparar la célula por si misma, como el aumento de la mitocondria o su incapacidad, se podrá invertir célula a célula, utilizando dispositivos de reparación celular. Aún nos queda mucho camino hasta lograr modelos teóricos completos para estos dispositivos, pero en teoría parecen posibles. En el momento en que nuestra capacidad de manipulación molecular alcance el grado necesario para comenzar a crear nanorobots médicos, probablemente en los próximos 10 ó 20 años, ya contaremos con buenos modelos de dispositivos de reparación celular.

Como resultado de todo esto, se podrá detener o reducir el envejecimiento biológico hasta la edad biológica que estime el paciente, rompiendo definitivamente la conexión entre el tiempo cronológico y la salud biológica. Estas intervenciones podrían ser habituales en unas cuantas décadas.

Por medio de controles y renovaciones anuales, y algunas reparaciones puntuales, la edad biológica podría fijarse una vez al año en la edad fisiológica que el paciente decidiese. Sólo veo un pequeño inconveniente para volver a la juventud en condiciones óptimas, ya que mantener el organismo en los 10 años fisiológicos ideales podría ser difícil e indeseable por otras razones. Más fácil de mantener y mucho más divertido sería retomar los 20 años fisiológicamente hablando. Esto lanzaría nuestra esperanza de vida hasta los 700 ó 900 años cronológicos. Todavía sería posible morir accidentalmente pero nuestra vida podría multiplicarse por diez.

¿Hasta dónde podemos llevar esto? Bueno, si podemos prevenir el 99% de las enfermedades que nos conducen a la muerte natural [19], nuestra expectativa de vida saludable aumentaría unos 1.100 años. Puede parecer complicado arañar más de un milenio o dos a nuestro cuerpo biológico original porque las muertes por suicidio o accidentes permanecen invariablemente altas en los últimos 100 años, disminuyendo sólo en un tercio durante ese periodo. Pero la victoria final sobre el azote de la muerte biológica natural, que esperamos lograr a finales de este siglo, multiplicará nuestra expectativa de vida saludable al menos por 10 ó 20.

Es de esperar que con los nuevos tratamientos nanomédicos que nos aguardan contra las enfermedades mentales degenerativas, se reduzca enormemente la tasa de suicidios. La nanotecnología también puede mejorar la seguridad total de nuestro entorno cotidiano, por ejemplo, fabricando coches y aviones a prueba de choques y accidentes, construyendo edificios que incorporen dispositivos activos de seguridad. Si además contamos con una nanomedicina avanzada que sea capaz de anticiparse a los traumas graves y solucionarlos, se reducirán enormemente las muertes accidentales. Por último, las modificaciones genéticas y la potenciación nanomédica del cuerpo humano [20] pueden extender la vida hasta un grado que aún no podemos predecir con exactitud.

## REFERENCIAS

- 1) Freitas RA Jr; "Section 1.2.2 Volitional Normative Model of Disease," en: *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Landes Bioscience (1999); pág. 18–20 <http://www.nanomedicine.com/NMI/1.2.2.htm>
- 2) de Grey, AB & Ames, BN & Andersen, JK & Bartke, A & Campisi, J & Heward, CB & McCarter, RJ & Stock, G; "Time to talk SENS: critiquing the immutability of human aging," en: *Annals of the New York Academy of Sciences* 959 (2002); pág. 452–462, 463–465 // de Grey, AD & Baynes, JW & Berd, D & Heward, CB & Pawelec, G & Stock, G; "Is human aging still mysterious enough to be left only to scientists?" en: *Bioessays* 24 (2002); pág. 667–676, *Bioessays* 25 (2003); pág. 93–95 (discussion) // de Grey, AD; "An engineer's approach to the development of real anti-aging medicine," en: *Sci. Aging Knowledge Environment*. 2003 (2003):VP1 // de Grey, AD; "Challenging but essential targets for genuine anti-aging drugs," *Expert Opinion Therapeutic Targets* 7 (2003); pág. 1–5
- 3) Miller, Richard A; "Extending life: scientific prospects and political obstacles," en: *Milbank Quarterly* 80 (2002); pág.155–74 // de Grey, AD; "The foreseeability of real anti-aging medicine: focusing the debate," *Experimental Gerontology* 38 (2003); pág. 927–934
- 4) Freitas, Jr. Robert A; "Section 2.4.1 Molecular Mechanical Components," en: *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Landes Bioscience (1999), pág. 61–64 <http://www.nanomedicine.com/NMI/2.4.1.htm>
- 5) Cagin, T & Jaramillo-Botero, A & Gao, G & Goddard III, WA; "Molecular mechanics and molecular dynamics analysis of Drexler-Merkle gears and neon pump," en: *Nanotechnology* 9 (1998); pág. 143–152

- 6) Merkle, Ralph C & Freitas Jr., Robert A; "Theoretical analysis of a carbon-carbon dimer placement tool for diamond mechanosynthesis," en: *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 3 (2003); pág. 319–324 <http://www.rfreitas.com/Nano/JNNDimerTool.pdf>
- 7) Peng, Jinping & Freitas Jr., Robert A & Merkle, Ralph C; "Theoretical Analysis of Diamond Mechanosynthesis. Part I. Stability of C<sub>2</sub> Mediated Growth of Nanocrystalline Diamond C(110) Surface," en: *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience* 1 (2004) // Mann, David J & Peng, Jinping & Freitas Jr., Robert A & Merkle, Ralph C; "Theoretical Analysis of Diamond Mechanosynthesis. Part II. C<sub>2</sub> Mediated Growth of Diamond C(110) Surface via Si/Ge-Triadamantane Dimer Placement Tools," en: *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience* 1 (2004)
- 8) Merkle, Ralph C & Parker, Eric G & Skidmore, George D; "Method and system for self-replicating manufacturing stations," en: *United States Patent* No. 6,510,359, 21 January 2003
- 9) Freitas Jr., Robert A & Merkle, Ralph C; *Kinematic Self- Replicating Machines* (2004) Landes Bioscience; en prensa
- 10) Dibujo 15. Un hematíe artificial – el respirocito [41]. Diseñado por Robert A. Freitas Jr. ©1999 Forrest Bishop. Uso con autorización, <http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Species/Respirocytes.html>
- 11) Lawrence Fields & Jillian Rose; "Animation of a respirocite (an artificial red blood cell) being injected into the bloodstream," en: PBS documentary "Beyond Human," fecha de emisión 15 Mayo 2001, Phlesch Bubble Productions website; <http://www.phleschbubble.com/album/beyondhuman/respirocyte01.htm>
- 12) Una breve reseña se puede encontrar en: Robert A. Freitas Jr., "Microbivores: Artificial Mechanical Phagocytes," *Foresight Update*, No. 44, 31 March 2001, pág. 11–13; <http://www.imm.org/Reports/Repo25.html>
- 13) Todos los documentos técnicos en: Freitas Jr., Robert A; "Microbivores: Artificial Mechanical Phagocytes using Digest and Discharge Protocol," en: *Zyvex preprint* (2001)
- 14) Freitas Jr. Robert A; website; <http://www.rfreitas.com/Nano/Microbivores.htm>
- 15) Imágenes disponibles en: Nanomedicine Art Gallery, Foresight Institute website: <http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Species/Microbivores.html>
- 16) Freitas Jr., Robert A; "Section 15.4.2.3 Geometrical Trapping in Spleen Vasculature," en: *Nanomedicine, Volume IIA: Biocompatibility*, Landes Bioscience, (2003); pág. 95–97; <http://www.nanomedicine.com/NMIIA/15.4.2.3.htm#p6>

- 17) Drexler, Eric K; "Section 13.4.1 A bounded-continuum design for a stiff manipulator," en: *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation* (1992) editado por John Wiley & Sons; pág. 398–407
- 18) Freitas Jr., Robert A; "Chromalloytes: Cell Repair Nanorobots for Chromosome Replacement Therapy," (2004); en preparación.
- 19) Robert A. Freitas Jr., "Section 1.2.2. Volitional Normative Model of Disease," en: *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Landes Bioscience (1999), pág. 18–20; <http://www.nanomedicine.com/NMI/1.2.2.htm>
- 20) Freitas Jr., Robert A & Phoenix, Christopher J & "Vasculoid: A personal nanomedical appliance to replace human blood," en: *Journal of Evolution and Technology* 11 (2002); <http://www.jetpress.org/volume11/vasculoid.html>

## CUERPO HUMANO VERSIÓN 2.0

DR. RAYMOND KURZWEIL

El uso de los nanorobots en las próximas décadas, permitirá mejorar e incluso sustituir completamente algunos de nuestros órganos. Si bien ya ha comenzado el proceso de mejorar los sistemas físicos y mentales, esto supondrá una mejora radical. Por otro lado, hoy en día ya sabemos cómo prevenir la mayor parte de enfermedades degenerativas por medio de la nutrición y los suplementos, lo que supone un puente hacia una revolución biotecnológica ya emergente, y que a su vez, será otro puente hacia la revolución nanotecnológica. Hacia el año 2030, la ingeniería inversa del cerebro humano se habrá completado y la inteligencia no biológica se fusionará con nuestros cerebros biológicos.

### TODO ESTÁ EN LOS NANOROBOTS

En una famosa escena de la película *The Graduate* (El graduado), el mentor de Benjamin le aconseja sobre la carrera que debe elegir con una simple palabra: "plástica". Hoy en día, esa palabra puede significar "software" o "biotecnología", pero en un par de décadas significará probablemente "nanorobótica". Los nanorobots (robots del tamaño de una célula sanguínea) permitirán rediseñar de manera radical nuestro sistema digestivo, y de paso, tal vez todo lo demás.

En una fase intermedia, los nanorobots presentes en el tracto digestivo y en el torrente sanguíneo, primero extraerán de forma inteligente y precisa los nutrientes que requiramos, pedirán los nutrientes adicionales que pudieran necesitar a través de nuestra red de área local inalámbrica personal, y dejarán pasar el resto de la comida que comamos para ser eliminada.

Si esto le parece futurista, recuerde que ya funcionan máquinas inteligentes que se están abriendo paso dentro de nuestro torrente sanguíneo. Se están desarrollando docenas de proyectos para crear "sistemas microelectromecánicos biológicos" basados en el torrente sanguíneo (bioMEMS) con un amplio espectro de aplicaciones terapéuticas y de diagnóstico. Los disposi-

tivos bioMEMS se están diseñando para reconocer patógenos y suministrar fármacos de forma muy precisa.

Por ejemplo, un investigador de la Universidad de Illinois en Chicago, ha creado una pequeña cápsula porosa de sólo siete nanómetros. La cápsula posee unos poros que liberan insulina de forma controlada, evitando además que los anticuerpos invadan las isletas pancreáticas alojadas en la cápsula [1]. Este tipo de dispositivos fruto de la nanoingeniería, ya han sido capaces de curar a ratas con diabetes de tipo I, y no parece existir ninguna razón para pensar que esta misma metodología vaya a fallar en humanos. Sistemas similares podrían liberar dopamina en el cerebro de pacientes con Parkinson, o bien proporcionar factores (proteínas) de coagulación en enfermos de hemofilia, así como fármacos para el cáncer que se administrarían directamente en el lugar del tumor. Un nuevo ingenio dispone de casi 20 contenedores de sustancias que pueden liberarse en el cuerpo humano en lugares y momentos programados.

Kensall Wise, un profesor de ingeniería eléctrica de la Universidad de Michigan, ha desarrollado una sonda neural minúscula que puede monitorizar de forma muy precisa la actividad eléctrica de pacientes con enfermedades neurológicas. Se espera que futuros diseños también suministren medicamentos en lugares del cerebro muy concretos. Kazushi Ishiyama de la Universidad Tohoku en Japón, ha desarrollado unas micromáquinas que utilizan tornillos giratorios microscópicos para suministrar fármacos en tumores cancerígenos de pequeño tamaño [2].

Una micromáquina especialmente innovadora es la desarrollada por los Sandia National Labs, que posee unos microdientes reales y una mandíbula que se abre y se cierra para atrapar células individuales a las que luego implanta ADN, proteínas o fármacos [3]. Ya hay al menos cuatro conferencias de gran importancia sobre bioMEMS y otras aproximaciones para desarrollar máquinas a escalas micro y nano que se puedan introducir en el cuerpo y en la sangre.

En última instancia, podremos comprender cuales son los nutrientes exactos necesarios para cada individuo (incluyendo todos los centenares de fotoquímicos provenientes de las plantas) y estarán disponibles de manera sencilla y asequible por lo que no deberemos preocuparnos más por extraer los nutrientes de la comida. Simplemente, al igual que en la actualidad practicamos el sexo de manera rutinaria con fines meramente placenteros, tendremos también la oportunidad de hacer lo mismo con la comida y desvincular la ingesta de alimentos del aporte de nutrientes al torrente sanguíneo.

Esta tecnología debería estar lo suficientemente madura hacia la década de los años 20 (2020). Los nutrientes se introducirán directamente en el torren-

te sanguíneo con la ayuda de nanorobots metabólicos. Sensores en nuestra sangre y cuerpo, a través de comunicaciones inalámbricas, proporcionarán información dinámica de los nutrientes necesarios en cada momento.

Una pregunta clave a la hora de diseñar este tipo de tecnologías será el modo en que los nanorobots entren y salgan del cuerpo. Como ya hemos mencionado anteriormente, las tecnologías con que contamos hoy en día, como pueden ser los catéteres intravenosos, dejan mucho que desear. Un beneficio importante de la nanorobótica es que, a diferencia de los fármacos y los suplementos alimenticios, los nanorobots cuentan con cierto grado de inteligencia. Pueden hacer sus propios inventarios, y entrar y salir del organismo de forma inteligente. Un escenario posible es que llevásemos puesto "prendas nutritivas" especiales, como por ejemplo cinturones o camisetitas que se cargarían con nanorobots nutritivos que entrarían y saldrían del organismo a través de la piel u otros orificios.

## DIGESTIÓN DIGITAL

Llegados a este punto de desarrollo tecnológico, podremos comer cuanto queramos, todo aquello que nos satisfaga o nos proporcione placer gastronómico, y por tanto, podremos explorar las artes culinarias sin reservas para deleitarnos con sabores, texturas y aromas. Paralelamente, contaremos con una circulación óptima de nutrientes por nuestra sangre, por medio de un proceso totalmente independiente. Una posibilidad consistiría en hacer pasar todo lo que comiéramos desconectando el tracto digestivo de cualquier tipo de absorción de nutrientes al organismo.

Si bien esto podría suponer una sobrecarga para el colon y las funciones del intestino grueso, una solución más refinada se encargaría de la eliminación de residuos. Se podrá lograr esto gracias a nanorobots especiales que se encarguen de dicha eliminación y actúen como diminutos compresores de basura. Del mismo modo que unos nanorobots introducen la carga nutritiva en el cuerpo, otros encargados de la eliminación harían justo lo contrario, y de forma periódica, sustituiríamos estas prendas por otras nuevas. Alguno podría argumentar que obtiene algún tipo de placer en el proceso de eliminación, pero sospecho que la mayoría de las personas preferirían arreglárselas sin ello.

En última instancia no necesitaremos llevar prendas especiales o utilizar recursos nutritivos explícitos. Del mismo modo que la informática se volverá omnipresente y disponible para cualquiera, también los recursos básicos me-

tabólicos de los nanorobots se insertarán en todo lo que nos rodea. De manera adicional, un aspecto importante a tener en cuenta de este sistema será el mantenimiento de amplias reservas de todos los recursos necesarios dentro del propio cuerpo. Nuestro cuerpo, versión 1.0, hace todo esto pero de forma muy limitada. Por ejemplo, almacenando oxígeno en la sangre sólo para unos pocos minutos o energía calórica, en forma de glucógeno, para unos días. La versión 2.0 nos proporcionará mayores reservas y nos permitirá carecer de recursos metabólicos durante periodos de tiempo muy extensos.

Una vez perfeccionado, ya no necesitaremos la versión 1.0 de nuestro sistema digestivo. Como se ha señalado anteriormente, la adopción de dichas tecnologías será prudente y progresiva, y no desecharemos la tecnología antigua justo nada más aparecer la nueva. Casi todos esperaremos a que aparezcan las versiones 2.1 ó 2.2 antes de pensar en deshacernos de la versión 1.0. Después de todo, la gente no tiró sus máquinas de escribir cuando aparecieron los procesadores de texto. La gente conservó sus discos de vinilo durante años aún cuando ya existían los CDS (yo aun tengo los míos). La gente también conserva las cámaras de cinta de vídeo, a pesar de que la marea digital las está barriando. Sea como fuere, estas nuevas tecnologías acabaron por imponerse, y aún así mucha gente sigue conservando su máquina de escribir. El mismo fenómeno se dará en nuestro cuerpo rediseñado. Una vez que hayamos solucionado las primeras complicaciones (siempre inevitables) que se deriven de un sistema gastrointestinal reestructurado, comenzaremos a depender de él cada vez más.

## SANGRE PROGRAMABLE

Mientras realizamos la ingeniería inversa (esto es, aprendemos los principios operacionales) de nuestros sistemas corporales, podremos reestructurar nuevos sistemas que nos proporcionen mejoras increíbles. Un sistema dominante que ya ha sido sometido a un proceso de rediseño conceptual y exhaustivo es la sangre.

Uno de los mayores defensores de la "nanomedicina" (rediseñar nuestros sistemas biológicos por medio de ingeniería a escala molecular) y autor del libro del mismo nombre es Robert Freitas, científico investigador para la empresa de nanotecnología Zyvex Corp. El ambicioso manuscrito de Freitas es un mapa de carreteras muy detallado para la reestructuración de nuestra herencia biológica. Uno de los diseños de Freitas consiste en el reemplazo (o mejora) de glóbulos rojos por medio de "respirocitos" que nos permitirían aguantar la respiración durante 4 horas o correr a velocidad

máxima durante 15 minutos sin tomar aliento. Como la mayoría de nuestros sistemas biológicos, los glóbulos rojos oxigenan nuestra sangre de manera muy poco eficiente, y Freitas los ha rediseñado para un comportamiento óptimo. Ha detallado muchos de los requerimientos físicos y químicos de manera impresionante.

Resultará interesante ver cómo se trata este asunto en competiciones deportivas. Es de suponer que se prohibirá el uso de respirocitos y otros sistemas similares en competiciones deportivas tales como los Juegos Olímpicos, pero no dejará de ser llamativo ver en los gimnasios escolares a los adolescentes batiendo marcas olímpicas de manera rutinaria.

Freitas prevé plaquetas artificiales de tamaño microscópico que podrían lograr la hemostasis (control del sangrado), 1.000 veces más rápido que las biológicas. Describe microbívoros nanorobóticos (leucocitos de reemplazo) que descargarán el software necesario para eliminar infecciones, cientos de veces más rápido que los antibióticos tradicionales, siendo eficaz contra toda infección bacteriana, viral o micótica, sin tener que preocuparse por las limitaciones de determinado fármaco.

## TENER O NO TENER UN CORAZÓN

El siguiente órgano de mi lista de éxitos es el corazón. Es una máquina sorprendente, pero sufre de muchos problemas graves. Es susceptible de sufrir todo un abanico de fallos y errores, y representa un punto débil fundamental para nuestro potencial de longevidad. Normalmente empieza a fallar mucho antes que el resto del cuerpo, y a veces de forma muy prematura.

Aunque los corazones artificiales ya empiezan a funcionar, algo más efectivo sería deshacerse de él. Entre los ingenios de Freitas se encuentran reemplazos nanorobóticos de nuestras células sanguíneas que se muevan de manera autónoma (sin depender del torrente sanguíneo que las impulse). Si el sistema sanguíneo se mueve de manera autónoma, los problemas derivados de un sistema con bombeo centralizado (como el actual, dependiente del corazón) se pueden eliminar. A medida que perfeccionamos los métodos para introducir y sacar los nanorobots de nuestro suministro sanguíneo, también podemos reemplazarlos continuamente.

Con las respirocitos transportando grandes cantidades de oxígeno, estaremos en condiciones de eliminar los pulmones y reemplazarlos por nanorobots que nos suministren oxígeno y expulsen el dióxido de carbono. Alguno podría decir que obtiene placer al respirar (incluso más que con la

evacuación). Y como con todos estos diseños alcanzaremos sin duda estados intermedios en los que estas tecnologías mejoren nuestros sistemas naturales, podremos tener lo mejor de ambos mundos. En cualquier caso, no hay razón para mantener las complicaciones de la respiración actual, así como la obligación de hacerlo en un aire respirable allá donde vayamos. Si realmente encontramos placer en respirar, desarrollaremos maneras para conservar esta experiencia sensorial.

No necesitaremos tampoco aquellos órganos que producen sustancias químicas, hormonas y enzimas que fluyen por la sangre y otras vías metabólicas. Ya somos capaces de crear versiones biológicamente idénticas de muchas de esas sustancias, y en un par de décadas recrearemos de forma rutinaria todas las que sean relevantes. Estas sustancias (hasta el punto que aún sean necesarias), se suministrarán a través de nanorobots, controlados por sistemas inteligentes de biofeedback que mantendrán equilibrados los niveles del mismo modo que lo hacen los sistemas naturales hoy día (por ejemplo, el control de los niveles de insulina por las isletas pancreáticas). Y ya que vamos a eliminar la mayoría de nuestros órganos biológicos, muchas de esas sustancias ya no serán necesarias y se sustituirán por recursos que necesiten los sistemas nanorobóticos.

Es importante enfatizar que este proceso de rediseño no podrá llevarse a cabo en un solo ciclo. Cada órgano y cada idea tienen su propia progresión, sus diseños intermedios, y sus fases de implementación. No obstante, nos dirigimos inexorablemente hacia un rediseño fundamental y radical de la versión 1.0 del cuerpo humano, que resulta muy ineficaz y terriblemente limitada en su funcionalidad.

## ENTONCES, ¿QUÉ NOS QUEDA?

El esqueleto es una estructura estable, y ya tenemos una idea bastante buena de cómo funciona. En la actualidad ya reemplazamos partes aunque la tecnología empleada para ello es muy limitada. Nanorobots enlazables nos permitirán mejorar y, en última instancia, sustituir el esqueleto. Sustituir determinadas partes del esqueleto supone hoy día una cirugía dolorosa pero sustituirlo por medio de nanorobots podría hacerse de modo gradual no invasivo. El esqueleto humano de la versión 2.0 será muy fuerte y estable, con capacidad para repararse a sí mismo.

No nos daremos cuenta de la ausencia de muchos de nuestros órganos, como por ejemplo el hígado y el páncreas, ya que no experimentamos di-

rectamente su funcionalidad. La piel, sin embargo, es un órgano que queremos conservar, o al menos conservar su funcionalidad. La piel incluye nuestros órganos sexuales primarios y secundarios, y nos proporciona una función vital de comunicación y placer. En cualquier caso, en última instancia seremos capaces de mejorar la piel con materiales resultado de la nanoingeniería que nos proporcionarán mayor protección ante los efectos físicos y térmicos del entorno, a la vez que aumentará nuestra capacidad de comunicarnos de una forma más íntima y placentera. Lo mismo podría ser válido con la boca y el tercio superior del esófago, que son el resto de componentes del sistema digestivo que utilizamos para el acto de ingerir.

## REDISEÑANDO EL CEREBRO HUMANO

El proceso de revertir y rediseñar englobará también al sistema más importante del organismo: el cerebro. Es, como mínimo, tan complejo como todos los demás órganos juntos, y se emplea la mitad de nuestro código genético para construirlo. Es erróneo considerar al cerebro como un solo órgano ya que en realidad es una compleja colección de órganos procesadores de información e interconectados jerárquicamente, como fruto de nuestra historia evolutiva.

El proceso de comprensión de los principios operativos del cerebro humano ya está en camino. Las tecnologías de escaneado y modelado neuronal están escalando exponencialmente, del mismo modo que lo hace nuestro conocimiento de sus funciones. Ya hemos detallado modelos matemáticos de un par de docenas de los cientos de regiones que comprenden el cerebro humano.

La era de los implantes neuronales también está en marcha. Contamos con implantes cerebrales basados en modelos "neuromórficos" (como por ejemplo, la ingeniería inversa del cerebro humano y del sistema nervioso) para un número creciente de regiones del cerebro. Un amigo mío que se quedó sordo siendo un adulto, puede mantener conversaciones telefónicas gracias a un implante coclear, un dispositivo que se conecta directamente al sistema nervioso central. Ya está pensando en sustituirlo por un nuevo modelo con un millar de niveles de frecuencia, lo que le permitiría volver a escuchar música. Se lamenta que tiene las mismas canciones sonando en su cabeza desde hace 15 años y está deseando escuchar canciones nuevas. Una nueva generación de implantes cocleares nos proporcionará niveles de frecuencia que llegarán mucho más allá de lo que es la audición "normal".

Investigadores del MIT y Harvard están desarrollando implantes neuronales para sustituir retinas dañadas [4]. Para enfermos de Parkinson ya existen implantes cerebrales que se comunican directamente con las regiones del núcleo ventral posterior y del núcleo subtálmico del cerebro, invirtiendo los síntomas más devastadores de la enfermedad. Para personas con parálisis cerebral y esclerosis múltiple también viene de camino un implante que se comunica directamente con el tálamo lateral ventral, resultando eficaz para controlar los temblores. Rick Trosch, un médico estadounidense colaborador en estas terapias pioneras dice que “más que tratar el cerebro como si fuera una sopa, añadiendo sustancias químicas que aumentan o eliminan ciertos neurotransmisores, lo que estamos haciendo ahora es tratarlo como un sistema de circuitos”.

Se están desarrollando una gran variedad de técnicas para establecer relaciones entre las analogías del procesamiento de la información biológica con la electrónica digital. Investigadores del Max Planck Institute, han desarrollado dispositivos no invasivos capaces de comunicarse con las neuronas en ambas direcciones [5]. Mostraron un “transistor neuronal” controlando los movimientos de una sanguijuela mediante un ordenador. Algo similar se ha empleado para reconectar neuronas de sanguijuela y hacer que resuelvan problemas simples de lógica aritmética. Los científicos trabajan ahora en los llamados “puntos cuánticos”, o conexión de dispositivos electrónicos con neuronas, utilizando diminutos cristales de material semiconductor [6].

Estos desarrollos nos dan la posibilidad de reconectar rutas neuronales rotas en pacientes con daños en el sistema nervioso y con lesiones medulares. Durante mucho tiempo, se creyó que esto sólo podía ser viable con pacientes lesionados recientemente, debido al deterioro gradual del sistema nervioso cuando no se usa. Un descubrimiento reciente demuestra que es viable emplear un sistema neuroprotésico en pacientes con lesión medular permanente. Los investigadores de la Universidad de Utah pidieron a un grupo de tetraplégicos que intentaran mover las extremidades de varias formas diferentes para estudiar la respuesta del cerebro por resonancia magnética (MRI). Descubrieron que, a pesar de que las vías neuronales de sus extremidades habían permanecido inactivas durante muchos años, los patrones de actividad cerebral durante el intento de movimiento eran muy similares a los que se observan en pacientes sin esta discapacidad.

Por lo tanto, seremos capaces de colocar sensores en el cerebro de una persona parálitica (como por ejemplo se hizo con Christopher Reeve), programados para reconocer los patrones cerebrales asociados con los movimientos intencionados, y por consiguiente estimularán la secuencia

adecuada de movimientos musculares. Para aquellos pacientes cuyos músculos ya no funcionan, se han diseñado sistemas “nanoelectromecánicos” (NEMS) que pueden expandirse y contraerse para sustituir a los músculos dañados, y activarse tanto con nervios reales como artificiales.

## NOS ESTAMOS CONVIRTIENDO EN CYBORGS

Cada vez intimamos más con la tecnología. Los ordenadores empezaron siendo unas enormes máquinas remotas en habitaciones con aire acondicionado y manejados por técnicos de bata blanca. Poco a poco se fueron instalando en nuestros escritorios, luego bajo el brazo como un libro y ahora ya los tenemos en los bolsillos. Muy pronto los acabaremos instalando en el cuerpo y en el cerebro. Acabaremos por ser más no-biológicos que biológicos.

El beneficio de superar graves enfermedades y discapacidades permitirá desarrollar esta tecnología, pero las aplicaciones médicas sólo suponen la primera fase. Cuando se establezcan estas tecnologías no existirán barreras para ampliar el potencial humano. Desde mi punto de vista, ampliar este potencial es precisamente la principal distinción de nuestra especie.

Además, todas las tecnologías subyacentes siguen acelerándose. Las posibilidades de la informática han crecido de forma exponencial en el siglo pasado y seguirá esta pauta de crecimiento en el presente siglo gracias a la computación en tres dimensiones. El ancho de banda ancha de las comunicaciones y el ritmo de la ingeniería inversa del cerebro también se está acelerando. Mientras tanto, según mis modelos, el tamaño de la tecnología se reduce linealmente 5,6 veces por década, lo que hará que la nanotecnología sea omnipresente en la década de 2020.

A finales de esa década, dejaremos de ver la informática como una tecnología aparte que necesitamos llevar encima. Dispondremos de imágenes de alta resolución, abarcando todo el campo visual, plasmadas directamente en nuestras retinas con gafas o lentes de contacto (el Departamento de Defensa de EEUU ya usa tecnología de este tipo desarrollada por Microvision, una compañía con sede en Bothell, Washington). Dispondremos también de conexiones a Internet de alta velocidad en cualquier momento. La electrónica necesaria para esto ya estará insertada en la ropa. Hacia el año 2010, estos ordenadores tan personales nos permitirán conocernos unos a otros en entornos de total inmersión, visual-auditivos y realidad virtual, permitiéndonos incrementar la visión con información específica del lugar y momento.

Hacia 2030 la electrónica que se empleará, se basará en circuitos de tamaño molecular, ya se habrá completado la ingeniería inversa del cerebro humano y los bioMEMS habrán evolucionado hasta convertirse en bioNEMS (sistemas biológicos nanoelectromecánicos). Será habitual contar con miles de millones de nanorobots (robots a escala nanométrica) corriendo por los capilares del cerebro, comunicándonos con otras personas (con una red de área local sin cables), y comunicando nuestras neuronas biológicas a Internet. Una aplicación será la de proporcionar una inmersión a la realidad virtual que incluya todos nuestros sentidos. Cuando queramos entrar a una realidad virtual, los nanorobots sustituirán la señal biológica de los sentidos reales por otras que el cerebro pueda recibir como si estuviéramos dentro de esa realidad virtual.

Podremos contar con una colección de entornos virtuales entre los que elegir, desde sitios familiares que ya conocemos hasta mundos no terrestres. Seremos capaces de desplazarnos a esos lugares virtuales e interactuar con otras personas (reales o simuladas), y a niveles tan dispares que pueden ir desde negociaciones empresariales hasta encuentros sexuales. En la realidad virtual no tendremos que ser una única persona ya que se podrá cambiar nuestra apariencia y convertirnos en otra.

La aplicación más importante de los nanorobots hacia el año 2030 será la de ampliar, literalmente, nuestra mente. En la actualidad estamos limitados a unos cien billones de conexiones interneuronales. Por medio de conexiones virtuales vía nanorobótica, podremos aumentarlas, lo que nos facilitará la ampliación también de ciertas habilidades, como las de reconocimiento, de recuerdo o la capacidad de pensamiento general, así como relacionarnos directamente con formas no biológicas de inteligencia.

Es importante darse cuenta de que una vez que la inteligencia no biológica llegue a ser un punto de apoyo en el cerebro (un punto que ya hemos alcanzado), aumentará exponencialmente igual que lo hacen las tecnologías de información. Un sistema de una pulgada con circuitos de nanotubos (que ya funciona a menor escala en laboratorios), será un millón de veces más poderoso que el cerebro humano. Hacia el año 2040, la parte de inteligencia no biológica de nuestro cerebro será mucho más poderosa que la biológica. De todas formas, será aún una parte de la máquina humana de la civilización, derivada de la inteligencia humana (por ejemplo creada por humanos, o máquinas creadas por humanos) y se basará, al menos en parte, en la ingeniería inversa del sistema nervioso humano.

Stephen Hawking comentó no hace mucho en la revista alemana *Focus* que la inteligencia artificial superará a la humana en unas pocas décadas. Defiende que “desarrollemos tan rápido como sea posible tecnologías pa-

ra conectar directamente el cerebro con el ordenador, de modo que los cerebros artificiales contribuyan a ampliar la inteligencia humana más que oponerse a ella". Hawking puede estar seguro de que el programa de desarrollo que recomienda está en camino.

## REFERENCIAS

- 1) Tao, Sarah & Dasai Tejal A; "Microfabricated Drug Delivery Systems: From particles to pores" en: *Advanced Drug Delivery Reviews* (2003, Vol. 55); pág.315–328
- 2) Jamieson, B & Buzsaki, G & Wise, KD; "A 96-Channel Silicon Neural Recording Probe with Integrated Buffers," en: *Annals of Biomedical Engineering*, (2000, Vol. 28 Supplement 1); pág. S-112
- 3) <http://www.sandia.gov/media/NewsRel/NR2001/gobbler.htm>
- 4) <http://www.bostonretinalimplant.org/>
- 5) Fromherz, Peter; "Neuroelectronic Interfacing: Semiconductor Chips with Ion Channels, Nerve Cells, and Brain" en: *Nanoelectronics and Information Technology* (2003) editado por Waser, R; Wiley-VCH Press; pág. 781–810
- 6) Winter, JO & Liu, TY & Korgel, BA & Schmidt, CE; "Recognition molecule directed interfacing between semiconductor quantum dots and nerve cells" en: *Advanced Materials* (2001, Vol. 13); pág. 1673–1677

## EL AVANCE HACIA LA CIBERINMORTALIDAD

DR. WILLIAM SIMS BAINBRIDGE

Los avances en la tecnología de la información son imprescindibles para la mayoría de formas imaginables de lograr la inmortalidad, y fundamentales para muchas otras. Antes de introducir nanorobots en el interior del cuerpo de una persona para reparar los daños producidos por el envejecimiento, los ordenadores tendrán que analizar qué se necesita, y a partir de ahí, diseñar esos nanorobots [1; 2]. En el lento proceso de transferir una mente de un cerebro viejo a otro recién clonado, es preciso que esa mente se almacene temporalmente, en un sistema de información. Así por tanto, nos preguntamos por qué es necesario transferir de nuevo la mente del sistema de información a un cerebro humano vulnerable en lugar de hacerlo a un robot, o simplemente dejarlo en dicho sistema de información [3].

### MÉTODOS PARA LEER LA MENTE

Existen dos formas principales de leer los contenidos de una mente humana desde un ordenador: el modo estructural y el modo funcional. Cada uno de ellos tiene innumerables variantes que comparten un principio común.

Desde el punto de vista estructural, un proceso o dispositivo extrae la estructura relevante del cerebro y la duplica en un ordenador. El enfoque estructural dominante sostiene que la memoria, los recuerdos, las habilidades mentales y gran parte de la personalidad de un individuo están codificadas en forma de red de neuronas interconectadas. "La personalidad vive en la sinapsis" podría ser el lema de este punto de vista. De hecho, estructuras mucho más pequeñas también pueden jugar un papel, tanto dentro de las neuronas como en la superficie, cerca de la sinapsis. Incluso se ha especulado que las células gliales, que superan en número a las neuronas en el cerebro, no son meros tejidos de apoyo, sino que tienen una función activa en el pensamiento y los recuerdos. Dado por hecho que es necesario seguir investigando, debemos asumir en el presente que una mente se compone de la estructura pasajera de las conexiones neuronales. Por ahora sólo podemos imaginar cómo debería trazarse esa delicada estructura.

Las imágenes por resonancia magnética (MRI), tomografías por ordenador (CAT), tomografías por emisión de positrones (PET), electroencefalografía (EEG u ondas cerebrales) y la observación con infrarrojos, son métodos no invasivos de estudio del cerebro. De todos modos, todos tienen muy baja resolución. Por ejemplo, los MRI son generalmente incapaces de distinguir rasgos menores de un milímetro cúbico, mientras que miles de neuronas se encuentran empujándose unas contra otras en ese mismo espacio. Para apreciar estructuras menores, es necesario aumentar el poder de la MRI, pero es peligroso e infringe las normas gubernamentales en cuanto a investigación con seres humanos. Tal vez, las técnicas de análisis por ordenador puedan mejorar de algún modo esta resolución pero varios de esos métodos ya cuentan con un software sofisticado, de manera que no podremos contar con avances sorprendentes sin cambiar el planteamiento [4].

Desgraciadamente, en la actualidad es complicado saber cómo podemos trazar un mapa del cerebro en detalle sin desintegrarlo. En el *Visible Human Project* de la National Library of Medicine of the National Institutes of Health se congelaron a dos humanos fallecidos, y luego seccionados en lonchas de modo que se pudieran fotografiar secciones cruzadas desde la cabeza a los pies. Las imágenes se pasaron luego a un ordenador para crear, a partir de ellas, modelos tridimensionales de algunos de los órganos. La resolución de estas imágenes era al menos de una tercera parte de milímetro y aunque resulta aún demasiado grueso para registrar la delicada estructura neuronal, es probable que los métodos se mejoren notablemente. Tanto por medio de un proceso de sección mecánico similar, como mediante una aplicación intensiva de técnicas de escaneado del cerebro, el trazado de un mapa desintegrador del cerebro podría mostrar de un modo significativo las conexiones entre neuronas. Y se necesitan mayores capacidades que las actuales en tecnología de información, para el almacenamiento y análisis de los datos.

Los acercamientos funcionales poseen otro conjunto diferente de ventajas e inconvenientes, pero ya se pueden emplear para crear copias de baja calidad de una personalidad humana. Mientras que podemos imaginar muchas posibilidades para un futuro lejano, no tendrán ningún valor para los millones de personas que morirán antes de que pueda desarrollarse alguna de estas posibilidades.

Si he de hacer una predicción, yo diría que todo ser humano vivo cuando se publique este ensayo habrá muerto antes de que los métodos estructurales de lectura de mente se perfeccionen, y serán de muy poco valor hasta muy poco tiempo antes. Esto último está basado en el hecho de que necesitamos saber mucho sobre las conexiones neuronales para poder deducir el

significado que tienen. Con la lectura funcional de la mente, el significado va ligado a los datos, de tal forma que incluso los detalles más pequeños pueden ser comprendidos. Una buena metáfora, sería tratar de armar un puzzle completo cuando algunas partes de la imagen ya son totalmente obvias antes de que podamos imaginarnos cuál es la imagen completa.

## AVANCES EN LA CONQUISTA DE LA PERSONALIDAD

La lectura funcional de la mente ya es posible a cierto nivel de calidad, y una investigación centrada en ello podría suponer un avance significativo. Tanto los tests psicológicos tradicionales como los métodos computarizados más recientes pueden almacenar enormes cantidades de datos en forma rigurosa acerca de las destrezas, creencias, comportamientos, preferencias y reacciones emocionales de una persona.

Mi propia investigación se ha centrado en registrar las actitudes y las preferencias de la gente, fundamentándose en décadas de trabajo anterior en campos que se han computarizado progresivamente, tales como la sociología y las ciencias políticas [5-7]. Las actitudes no son meramente personales, sino sociales, y mi metodología comienza con la cultura de ambiente que rodea al individuo [8]. En mayo de 1997 diseñé un website llamado *The Question Factory* para crear cuestionarios por medio de encuestas abiertas que pedían los encuestados, para enviar sus puntos de vista sobre distintos temas generales [9; 10]. Por ejemplo, antes de hacer un sondeo previo en *The Question Factory* pude exponer en Survey2000 -un cuestionario en un website enorme patrocinado por la National Geographic Society-, una pregunta abierta sobre qué ocurriría en el siglo siguiente. Respondieron unas 20.000 personas. De entre los muchos megabytes de predicciones pude editar unas 2.000 respuestas sobre el futuro para hacer de ellas las opciones fijas de mi cuestionario, abarcando todos los puntos de vista posibles que encontramos en nuestra cultura. Los encuestados tenían que decir qué idea tiene más posibilidades de convertirse en realidad en el futuro, y qué beneficios tendría si ocurriera, así que el número final de preguntas fue en realidad de varios miles [11; 12].

Otro trabajo realizado en *The Question Factory* nos proporcionó un total de 20.000 respuestas y 40.000 temas. Casi 2.000 eran de estímulos que podría provocar una de las 20 emociones diferentes que experimentamos los humanos: enfado, aburrimiento, deseo, asco, excitación, miedo, frustración, gratitud, odio, indiferencia, alegría, amor, lujuria, dolor, placer, orgullo, tristeza, satisfacción, vergüenza y sorpresa. Entonces diseñé un programa

para un ordenador de bolsillo que haría más fácil que una persona respondiera a unos cuantos temas, estuviera donde estuviera a lo largo del día. Se consideró cada estímulo atendiendo al número de emociones que podía provocar en una persona y atendiendo a tres diferenciales semánticos: bueno-malo, débil-fuerte- y pasivo-activo, dando lugar a un total de 46.000 respuestas. Naturalmente, en esa investigación probé yo mismo, y con la ayuda de otras personas llegamos a dar respuesta a más de 100.000 preguntas.

A mí me resulta divertido responder preguntas, como una especie de hobby, pero en general la gente necesita estar motivada para autoexaminarse de esta manera, por lo tanto, en el futuro este tipo de encuestas estarán diseñadas para conseguir otros objetivos, como por ejemplo en psicoterapia, o como método para consejería. Hace poco diseñé un programa llamado *ANNE*, que funciona en un pequeño ordenador fácil de llevar. *ANNE* son las siglas de *ANalogies in Natural Emotions*, y está basado en los 2.000 estímulos emocionales para orientarse emocionalmente ante todo aquello que nos pasa en la vida.

Supongamos que he de pronunciar un discurso ante una audiencia escéptica. Introduzco "pronunciar un discurso ante una audiencia escéptica" en *ANNE*, selecciono una serie de teclas (o dicto mis respuestas ya que dispone de un sistema de reconocimiento de voz), considera todas las emociones y otras variables posibles, e inmediatamente *ANNE* compara esto con los datos que tiene almacenados, identifica los más parecidos y puedo ver los rasgos fundamentales que comparten y las estrategias que funcionaron en situaciones anteriores. Si se usa durante años, *ANNE* podría acumular mucha más información sobre mis reacciones de la que yo podría recordar –corroborando la paradoja de que un duplicado informático de mí mismo podría ser más parecido a mí en cualquier momento de mi olvidadiza vida.

Algunos importantes investigadores en el campo de la informática o de la ciencia cognitiva están desarrollando otros sistemas para almacenar personalidad. En cierto modo, somos lo que vivimos. En la Carnegie-Mellon University, entre 1997 y 2000, Howard Wactlar creó un sistema llamado *Experience on Demand* para la Defense Advanced Research Projects Agency que, discretamente, permitía la recogida de datos sobre las experiencias de la gente de forma que facilitaba compartir esos datos [13]. En Microsoft, el equipo de Gordon Bell ha encontrado distintas formas de recopilar y organizar documentos y experiencias de toda una vida en un proyecto llamado *MyLifeBits* [14; 15].

Otros están trabajando en métodos de computación para establecer cómo la gente percibe el entorno [16]. Otros trabajan en tecnología capaz de al-

macenar, no sólo entornos reales, sino también copias virtuales de los mismos, destacando el esfuerzo de la Universidad de Columbia para duplicar electrónicamente la catedral de Amiens, el proyecto Virtual Vaudeville de la Universidad de Georgia que recrea obras de siglos anteriores, como las acrobacias de *Sandow the Magnificent*, y el proyecto *Monuments and Dust* de la Universidad de Virginia, para recrear el Londres de la época victoriana, comenzando con el famoso Palacio de Cristal.

El registro de datos relacionados con la conducta incluye las expresiones faciales [17], las conversaciones interpersonales [18] y las demoras apenas perceptibles que se producen en una persona cuando responde a un estímulo [19; 20]. Lisa y Daniel Barret [21] han usado un ordenador de bolsillo para tomar una muestra aleatoria de las cosas que una persona hace o experimenta, y nos resulta fácil imaginar que en unos años todo el mundo tendrá su ordenador portátil siempre encendido, enviando palabras, hechos y sensaciones a través de Internet para que se almacenen en una biblioteca digital.

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Una vez que los datos sobre la personalidad individual se hayan pasado a un sistema de información, necesitaremos algún método para reactivarlos. Una idea bastante común es que alguna forma de inteligencia artificial (IA) reanimará la mente de las personas, así que lo mejor sería comprobar el estado actual de la IA. En el pasado, los defensores de la IA exageraron las capacidades de su tecnología lo que supuso una estigmatización generalizada de todo el campo de la ciencia informática [22]. Hace poco, no obstante, se ha producido un resurgimiento de la IA junto con un nuevo enfoque de la misma.

La gente que tuvo la oportunidad de entrar en la página web de la National Science Foundation (NSF), podría haber presenciado una expansión de los programas subvencionados en los últimos dos años. Un nuevo programa de Computer Vision surgió a partir de un programa de Robotics and Human Augmentation. De igual forma, a partir del programa Human-Computer Interaction, surgió un programa nuevo sobre Human Language and Communication (procesamiento computerizado multi-modal del lenguaje). Y un programa de The Knowledge and Cognitive Systems (KCS), se transformó en otro que recibió el explícito nombre de Artificial Intelligence and Cognitive Science. Da la casualidad de que me "alisté" tanto en el HCI como en el KCS durante dos años y tuve la oportunidad de trabajar en ellos

detenidamente. Sea como fuere, lo que está aquí escrito no se basa en los conocimientos que se obtienen estando dentro, sino tan sólo en lo que cualquier persona puede ver en el sitio Web del NFS. Cualquiera que quiera saber con exactitud qué investigación está subvencionando cada uno de estos programas puede visitar la base de datos de NFS sobre premios, con resúmenes de todas las becas concedidas en los últimos 15 años.

Algunos de los pioneros más importantes en IA afirmaban que su trabajo estaba dando a las máquinas el poder de pensar, del mismo modo que lo hacen los humanos, pero los fallos de la tecnología para igualar la actuación humana han resultado bochornosos, ahora que ya no pueden culpar de ello a la baja velocidad o la escasa memoria de sus ordenadores. Más recientemente, la atención en la IA ha pasado de centrarse, más que en suplantar la inteligencia humana, a complementarla. El objetivo ya no es crear un robot capaz de caminar y hablar sino crear herramientas que mejoren la efectividad de los sistemas de información aplicables a las necesidades humanas. Cuando el robot Spirit estaba a punto de aterrizar en la superficie de Marte, justo antes de sus heroicos saltos en tierra firme, el ordenador de a bordo detectó que la nave se estaba moviendo hacia un lado más rápido de lo deseado, así que el sistema de control pudo rectificar y compensar el desequilibrio al instante. Ya que no había humanos a bordo, y la limitación de la velocidad de la luz dificultaba que la información y los comandos viajaran hasta, y desde la Tierra, era imprescindible un sistema de visionado autónomo. Sin embargo, el sistema de visionado no podía reconocer objetos, sino simplemente medir la velocidad con que los objetos y las texturas se movían en su campo de visión. Aunque la visión por ordenador está mejorando día a día, aún falta mucho para que se parezca un poco a la visión de un gorrión, por no hablar de la humana.

De manera similar, las técnicas de procesamiento del lenguaje natural (NLP) también avanzan rápidamente [23]. Imperfectamente aunque ya útil, los programas de reconocimiento de voz se usan en la actualidad en las empresas de información telefónica y los sistemas de reservas, y la calidad de estos sistemas mejora constantemente. Quizás, la mayor controversia en NLP ahora mismo sea cuánto se puede hacer por medio de sistemas de estadística en bruto sin necesidad de incorporar los resultados de la investigación lingüística sobre la estructuración del lenguaje y el significado de las palabras. Por ejemplo, un sistema de reconocimiento de voz consistiría en una serie de modelos matemáticos de fonemas –los sonidos individuales que comprende el habla cuando se utilizan en conjunto- y un modelo estadístico de la probabilidad de que varias palabras aparezcan juntas en la misma frase, basado en el análisis de un extenso hábeas de lenguaje escrito en

que se utilicen técnicas como los modelos Hidden Markov Models (HMM). Ciertos investigadores comienzan a añadir reglas lingüísticas, definiciones de palabras y otra información procedente de otros modelos de comunicación tales como las expresiones faciales. Pero el NPL aún no es un sistema “inteligente” que pueda manejarse con soltura con las funciones de habla y escucha de una persona, ni mucho menos con los procesos.

La Inteligencia Artificial definida a grosso modo, no sólo incluye a la visión y el lenguaje computarizado, sino a todo un compendio de enfoques como pueden ser la planificación de probabilidades, el razonamiento basado en determinadas reglas, la programación lógica, el aprendizaje de las máquinas, las redes neuronales [24; 25] y otros muchos que van más allá de lo que puede hacer una mente humana como algoritmos genéticos que imitan la evolución biológica [26]. Tal vez, la principal área de aplicación esté en encontrar pautas en amplias series de datos. A menudo se oye hablar de la extracción de conocimiento, lo que implica que un ordenador puede manejar datos “en crudo” y pulirlos hasta darles sentido. La fusión y extracción de datos se refieren al hecho de extraer datos “en crudo” de diversas fuentes y cribarlos hasta lograr descubrimientos que serían imposibles de realizar por un humano por el mero hecho de que los datos son demasiados y están fragmentados. A menudo se dice que un ser humano puede tener en mente 7 cosas diferentes a la vez mientras que los sistemas de información modernos pueden manejar miles de millones [27].

Así, la IA destinada a duplicar las habilidades humanas está ahora en pausa, mientras que se persigue con vehemencia la destinada a mejorar los sistemas de procesamiento de la información. Paralelamente, algunos investigadores están estudiando la intersección de la IA con la Ciencia Cognitiva. Por ejemplo, Lokendra Shastri [28-30] del International Computer Science Institute de Berkeley, California, ha estado trabajando en cómo el sistema hipocámpico del cerebro humano almacena recuerdos de episodios específicos en la vida de una persona. Los daños en el hipocampo afectan a la capacidad de aprender hechos de la vida sin necesidad de que esto bloquee el aprendizaje del lenguaje o de otro tipo de destrezas. Shastri defiende que el hipocampo y las zonas del cerebro relacionadas con él, almacenan recuerdos de episodios como conexiones entre un pequeño número de conceptos que se almacenan en otro lugar. “Juan dio un libro a María” puede representarse por medio de conexiones neuronales entre un enlace de recuerdos sobre Juan, un enlace de recuerdos sobre María, otro sobre el concepto de libro y del verbo “dio” que requiere que exista una situación en que alguien entregue algo y otro alguien lo reciba.

Nadie sabe cuantos pasajes puede recordar un adulto, pero en los debates de Ciencia Cognitiva se baraja un número de 50.000. Si Shastri está en lo cierto, un modelo del sistema hipocámpico en un ordenador no tendría por qué ser muy grande. Si los conceptos se adjuntan adecuadamente en otras partes del cerebro, un pasaje como "Juan dio un libro a María" podría almacenarse en poco menos que cien bytes. Esto podría significar que todo el sistema hipocámpico podría apañarse con tan solo 5 megabytes de memoria, una minúscula parte de la memoria que poseen actualmente los ordenadores de bolsillo. Shastri destaca que la mente humana rellena de forma imaginativa los detalles perdidos de los recuerdos, y cada recuerdo se basa realmente en muy poca información. Por lo general, no somos conscientes de las enormes lagunas en los recuerdos, como tampoco somos conscientes del punto ciego de visión en cada uno de los ojos. Shastri también destaca que los recuerdos se almacenan generalmente en varias copias, tal vez para protegerse de la pérdida en caso de que muriera alguna neurona, pero la redundancia en los recuerdos tendrá otras funciones tales como ayudarnos a combinar hechos de distintas fuentes relacionando unas copias con otras. Los recuerdos computarizados no necesitarán esa redundancia.

Este breve y rápido resumen sobre el estado actual de la IA deja entrever que no podemos predecir cuándo los científicos especializados en información e informática serán capaces de simular mentes humanas. El progreso más rápido se está produciendo hacia otras direcciones, y en unos años, posiblemente crecerá el interés por duplicar la inteligencia humana aprovechando todos los descubrimientos e inventos que se están llevando a cabo para otros objetivos. Una vez que sepamos cómo duplicar una mente en un ordenador, sabremos cuánta información y de qué tipo necesitaremos. En la actualidad no poseemos esos conocimientos, pero se está avanzando mucho en otras formas de duplicación de personalidad humana. En mi opinión ya es hora de empezar a trabajar con gente que quiere hacerlo ya, a pesar de que es poco probable que vivan hasta que hayamos madurado la tecnología necesaria para llevarlo a cabo.

## LA DIFUSIÓN DE LA IDENTIDAD

En principio, y tal vez en tres o cuatro décadas, sería posible transferir una personalidad humana a un robot, ampliando por tanto, la vida de la persona a la duración de la máquina. Es una idea antigua que puede que esté pasada de moda. Una idea mejor y más actual sería crear robots semiautónomos que se actualizaran periódica o continuamente por una base de

datos en red. No es necesario diseñar un robot tremendamente caro y novedoso en el que emplazar una personalidad humana, sino más bien que una persona almacenada en un sistema de información dinámico pudiera, temporalmente, usar una serie de robots relativamente sencillos durante un período de tiempo a través de enlaces inalámbricos. Estos robots serían modulares, reconfigurables y especializados. Podría haber robots acuáticos para nadar, aéreos para volar, moleculares para viajar bajo tierra, etc. –pudiendo ser todos ellos utilizados por varios individuos para resultar más económicos–.

Alguien podría preguntarse por la inteligencia distribuida: ¿dónde se encuentra? A menudo usamos el lenguaje tradicional y la situamos metafóricamente en el corazón a pesar de que la cognición se produce realmente en el cerebro. De forma subjetiva, nos encontramos allá donde nuestros sentidos recogen señales. Así, si el hardware que hospeda nuestra mente se encuentra en un laboratorio, pero las señales provienen de un robot en mitad del océano, nuestra conciencia está en el océano y no en el laboratorio. De todos modos, si el robot se hunde, nuestra conciencia estará a salvo en el laboratorio.

Las personalidades humanas almacenadas en un ordenador vivirán de nuevo en *grid* o *malla*. *Grid* es más que la *red* o la *web*. Internet es una red de conexiones que permite que un ordenador envíe datos a otro. La World Wide Web es el sistema más importante de intercambio de datos en Internet. Consiste en una serie de archivos de datos conectados entre sí por vínculos hipertextuales. La *Cyberinfraestructure Grid* incluye la *red* y la *web* pero por definición también incluye una variedad de recursos físicos como sensores y otros dispositivos de entrada, accionadores y dispositivos de salida, memorias y ordenadores. Hoy en día, *la grid* o *malla* es principalmente un método de simulación de la forma de actuar de un superordenador, uniendo un número más ordinario de ordenadores que realizan cálculos en paralelo. Los científicos informáticos comienzan a imaginar un *grid* futuro que reúna todos los recursos imaginables, y que pueda hacerlo en un entorno en el cual reencarnarse.

Una vez que una personalidad se ha introducido en el *grid*, podría usar varios recursos aunque entre ellos existiera una gran distancia, y que podrían separarse en piezas autónomas que se comunicaran o se reagruparan intermitentemente entre sí. La inteligencia, superados los límites del cráneo, se distribuirá dinámicamente por la red de información, haciéndose potencialmente omnipresente [31]. Por un lado, la difusión de identidades significa que la persona se dispersa, posiblemente esto sea incoherente aunque realmente complejo –ya no como una estrella sino como nebulosa–.

Por otro lado, también significa que la persona se puede convertir en algo más grandioso que cualquier individuo, una inteligencia distribuida que se extienda sobre toda la civilización.

## CONCLUSIÓN

En un futuro lejano, aprenderemos a conceptualizar nuestras vidas biológicas en la Tierra como una infancia muy larga que nos prepare para la vida real que nos espera en el ciberespacio. La metáfora de las orugas biológicas que se convierten en mariposas cibernéticas sería buena si no fuera por la proverbial fragilidad de los insectos. Y la transición de carne a datos no será tan buena metamorfosis como la liberación. Como la información contenida en una base de datos de larga vida (llamémosla *Star-Base*), viajaremos a través de la inmensidad, crearemos nuevos cuerpos para adaptarnos a cualquier entorno posible y viviremos aventuras en el universo [32]. Fundamentalmente somos patrones dinámicos de información; la autoconciencia a la que denominamos consciencia no es un alma sobrenatural, sino la consecuencia natural de nuestra complejidad semántica que nos da la capacidad de conceptualizarnos a nosotros mismos. Al igual que la información, nosotros podemos traspasarnos de un medio de almacenamiento a otro, podemos combinarnos con otra información, podemos expresarnos por medio de una infinidad de instrumentos. Cuando salgamos al ciberespacio no deberíamos lamentar la pérdida del cuerpo que dejamos atrás más que un águila que sale del cascarón y alza el vuelo por primera vez.

## REFERENCIAS

- 1) Roco, MC & Bainbridge, WS; *Societal implications of nanoscience and nanotechnology* (2001); Kluwer
- 2) Roco, MC & Bainbridge, WS; *Converging technologies for improving human performance* (2003); Kluwer
- 3) Kurzweil, R; *The Age of Spiritual Machines* (1999); Penguin
- 4) Bainbridge, WS; "A Question of Immortality" en: *Analog* (2002, Vol. 122-5); pág.40-49
- 5) Bainbridge, WS; *Survey research: A computer-assisted introduction* (1989); Wadsworth

- 6) Bainbridge, WS; *Social research methods and statistics: A computer-assisted introduction* (1992); Wadsworth
- 7) Bainbridge, WS; *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (2004); Berkshire Publishing
- 8) Kaplan, B; *Studying Personality Cross-Culturally* (1961); Harper and Row
- 9) Bainbridge, WS; "Religious Ethnography on the World Wide Web" en: *Religion and the Internet* (2000) editado por Jeffrey K. Hadden y Douglas Cowan; JAI Press
- 10) Bainbridge, WS; "Validity of Web-Based Surveys," en: *Computing in the Social Sciences and Humanities* (2002) editado por Orville Vernon Burton. University of Illinois Press; pág. 51–66
- 11) Bainbridge, WS; "The Future of the Internet," en: *Society Online: The Internet in Context* (2004) editado por Philip N. Howard y Steve Jones; Sage; pág. 307–324
- 12) Bainbridge, WS; "Religion and Science," (2004) en *Futures*
- 13) Wactlar, H & Gong Y; "Informedia Experience-on-Demand: Capturing, Integrating and Communicating Experiences across People, Time, and Space," en: *ACM Computing Surveys* (1999, Vol. 31)
- 14) Bell, G & Gray J; "Digital Immortality," en: *Communications of the ACM* (2001, Vol. 44); pág. 29–30
- 15) Gemmell, JG & Bell, & Lueder, R & Drucker, S & Wong C; "MyLifeBits," en: *ACM Multimedia '02* (2002); New York: Association for Computing Machinery; pág. 235–238
- 16) Bianchi-Berthouze, N; "Mining Multimedia Subjective Feedback," en: *Journal of Intelligent Information Systems* (2002, Vol. 19); editado por Bianchi-Berthouze; pág. 43–59
- 17) Thalmann, NMP & Kalra, P & Escher M; "Face to Virtual Face," en: *Proceedings of the IEEE* (1998, Vol. 86); pág. 870–883
- 18) Lin, W & Hauptman AG; "A Wearable Digital Library of Personal Conversations," en: *Joint Conference on Digital Libraries (JCDL'02)* (2002); pág. 277–278
- 19) Greenwald, AG & McGhee, DE & Schwartz JLK; "Measuring Individual Differences in Implicit Cognition: The Implicit Association Test" en: *Journal of Personality and Social Psychology* (1998, Vol 74); pág. 1464–1480
- 20) Greenwald, AG & Farnham SD; "Using the Implicit Association Test to Measure Self-esteem and Self-concept," en: *Journal of Personality and Social Psychology* (2000, Vol. 79); pág. 1022–1038

- 21) Barrett, LF & Barrett DJ; "An Introduction to Computerized Experience Sampling in Psychology," en: *Social Science Computer Review* (2001, Vol. 19); pág. 175–185
- 22) Crevier, D; AI: *The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence* (1993); Basic Books
- 23) Jurafsky, D & Martin JH; *Speech and Language Processing* (2000); Prentice Hall
- 24) Bainbridge, WS; 1995a. "Minimum Intelligent Neural Device: A Tool for Social Simulation" en: *Mathematical Sociology* (1995, Vol. 20); pág. 179–192
- 25) Bainbridge, WS; "Neural Network Models of Religious Belief," en: *Sociological Perspectives* (1995, Vol. 38); pág. 483–
- 26) Bainbridge, WS; "The Evolution of Semantic Systems," en: *Annals of the New York Academy of Science* (2004)
- 27) Witten, IH & Moffat, A & Bell TC; *Managing Gigabytes: Compressing and Indexing Documents and Images* (1999); Morgan Kaufmann
- 28) Shastri, L; 2001. "A Computational Model of Episodic Memory Formation in the Hippocampal System," en: *Neurocomputing* (2001); pág. 889–897
- 29) Shastri, L; "A Computationally Efficient Abstraction of Long-term Potentiation," en: *Neurocomputing* (2002 Vol. 44–46); pág. 33–41
- 30) Shastri, L; "Episodic Memory and Cortico-Hippocampal Interactions," en: *Trends in Cognitive Sciences* (2002); pág. 162-168
- 31) Mitchell, WJ; ME++: *The Cyborg Self and the Networked City* (2003); MIT Press
- 32) Bainbridge, WS "The Spaceflight Revolution Revisited," en: *Looking Backward, Looking Forward* (2002) editado por Stephen J Garber; Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration; pág. 39–64

## ¿HEREDARÁN LA TIERRA LOS ROBOTS?

DR. MARVIN L. MINSKY

*“Acostarse y levantarse temprano, hace a un  
hombre sano, rico y sabio.”  
Benjamin Franklin*

Aunque todos queremos sabiduría y riqueza, nuestra salud a menudo se agota antes de conseguirlo. Para aumentar la duración de la vida y mejorar la mente, necesitaremos cambiar en el futuro, tanto el cuerpo como el cerebro. Para esto, debemos tener en cuenta, primero cómo la evolución Darwiniana nos ha llevado hasta donde estamos. Luego, hemos de imaginar diferentes formas para reemplazar las partes gastadas de nuestro cuerpo y resolver así la mayor parte de los problemas de salud. Por tanto, debemos inventar estrategias que amplíen el cerebro y nos hagan alcanzar mayor sabiduría. Eventualmente, reemplazaremos el cerebro completamente usando la nanotecnología. Una vez liberados de las limitaciones de la biología seremos capaces de decidir la duración de nuestra vida (con la opción de la inmortalidad) y escoger entre otras capacidades inimaginables. En un futuro así, la salud no será un problema; el problema será controlarla; obviamente, estos cambios no son fáciles de prever. Algunos aún dicen que estos avances no son posibles, especialmente en el campo de la inteligencia artificial, pero la ciencia necesaria para lograr esa transición ya se está desarrollando y va siendo hora de pensar en cómo será ese nuevo mundo.

### SALUD Y LONGEVIDAD

Un futuro así no se logrará sólo mediante la biología. En los últimos tiempos hemos aprendido mucho sobre la salud y sobre la manera de conservarla. Hemos concebido miles de tratamientos específicos para enfermedades y discapacidades. Los científicos se plantean seriamente la posibilidad de ampliar al máximo la expectativa de vida humana pero aún no lo han conseguido. Según Roy Walford, profesor de patología en la UCLA Medical School, el promedio de vida en la antigua Roma era de 22 años; de 50, en los países desarrollados en 1900, y hoy se encuentra alrededor de los 75

años. Aún así, ese índice parece acabar cerca de los 115 años [1]. Siglos de mejoras en cuanto a salud y cuidados no han afectado mucho a este tope.

¿Por qué nuestra expectativa de vida es tan limitada? La respuesta es sencilla: la selección natural favorece los genes de aquellos con mayor número de descendientes. Este número tiende a crecer exponencialmente con el número de generaciones, lo que favorece los genes de aquellos que se reproducen a edades tempranas. La evolución no favorece, generalmente, a los genes que alargan la vida más allá de los adultos necesarios para atender y cuidar a las crías. De hecho, puede incluso favorecer a los hijos que no tienen que competir con sus padres vivos. Esta competición podría promover la acumulación de genes que provocan la muerte. Parece que los humanos son los animales de sangre caliente con la vida más larga, pero ¿qué presión selectiva nos habría llevado hasta alcanzar la longevidad actual, casi el doble que la de nuestros parientes primates? ¡El conocimiento! Entre todos los mamíferos, nuestros hijos son los menos preparados para sobrevivir por sí mismos. Quizás no sólo necesitamos a nuestros padres sino también a nuestros abuelos, para que nos cuiden y nos traspasen sus preciosos consejos de supervivencia.

Pero incluso con estos consejos, existen muchas causas de mortalidad que nos hacen sucumbir. Algunas muertes son resultado de procesos infecciosos; nuestro sistema inmune ha desarrollado formas versátiles de enfrentarse a la mayoría de las enfermedades. Por desgracia, esos mismos sistemas inmunes a menudo nos perjudican tratando algunas partes de nuestro organismo como si fueran también invasores infecciosos. Todo esto nos lleva a padecer diabetes, esclerosis múltiple, artritis reumatoide y otras muchas enfermedades.

Estamos también sujetos a otro tipo de daños que nuestro organismo no puede reparar, como por ejemplo accidentes, desequilibrios alimenticios, envenenamiento químico, calor, radiación y otros muchos factores que pueden deformar o alterar químicamente las moléculas de las células de tal modo que se vuelvan incapaces de funcionar. Algunos de estos problemas se corrigen sustituyendo las moléculas defectuosas; sin embargo, cuando la tasa de reemplazo es muy lenta, los problemas se acumulan. Por ejemplo, cuando las proteínas de las lentes oculares pierden su elasticidad, perdemos la capacidad de enfocar y entonces necesitamos gafas bifocales.

## DESGASTE BIOLÓGICO

Parece más que probable que la senectud sea inevitable en todos los organismos biológicos. A medida que aprendamos más sobre los genes y la bio-

química celular, seremos capaces de corregir, o al menos ralentizar, algunas situaciones que nos amenazan en nuestros últimos años. Sea como fuere, incluso si encontráramos un tratamiento para cada enfermedad específica, tendríamos que enfrentarnos aún al problema general del desgaste. La función normal de cada célula conlleva miles de procesos químicos, cada uno de los cuales presenta a veces errores aleatorios. Nuestro organismo se vale de diversas técnicas de corrección que se derivan de un tipo de error específico. De todas formas, esos errores aleatorios ocurren de formas tan diferentes que cualquier plan a baja escala para corregirlos sería muy complicado.

El problema es que nuestra genética no está diseñada para mantenerse estable a largo plazo, y la relación entre genes y células es extremadamente indirecta. Para reparar defectos a gran escala, un organismo necesitaría una especie de catálogo que especificara dónde se emplazan los distintos tipos de células, o bien tratamientos continuos y de gran envergadura aplicando la medicina regenerativa del futuro. Es fácil instalar en un programa informático esta redundancia; muchos ordenadores tienen copias de sus sistemas más críticos y chequean su integridad de forma rutinaria, pero ningún animal ha desarrollado esos planes, posiblemente porque esos algoritmos no pueden desarrollarse por selección natural. El problema es que esa corrección del error detendría la mutación, lo que en última instancia ralentizaría la tasa de evolución en la descendencia animal, hasta tal punto que sería incapaz de adaptarse a los cambios de su entorno.

¿Podríamos vivir siglos cambiando solamente algunos genes? Después de todo, nos diferenciamos de nuestros parientes evolutivos (gorilas y chimpancés) en tan solo unos pocos miles de genes (y vivimos casi el doble). Si aceptamos que sólo una pequeña parte de esos nuevos genes son los causantes de tal aumento en la expectativa de vida, entonces quizás eso signifique que no hay más que un centenar de ellos implicados en el proceso. Pero aunque este hecho fuera cierto, cambiar otros cientos de genes tampoco sería una garantía para poder obtener otro siglo de vida ya que podemos necesitar cambiar sólo unos cuantos o bastantes más.

Fabricar genes nuevos e instalarlos en el organismo es cada vez más factible, pero ahora estamos explotando otra forma de combatir el desgaste y desgarramiento biológico: sustituir los órganos que amenazan con fallar por otros órganos biológicos o artificiales. Algunas sustituciones ya se han vuelto rutinarias, mientras que otras aún se ven muy lejanas. Un corazón no es más que una simple bomba; los músculos y huesos son motores y vigas; el sistema digestivo es un reactor químico. En último caso, solucionaremos los problemas asociados a los trasplantes o sustituciones de cada una de estas partes.

Cuando nos planteamos reemplazar un cerebro no nos sirve un trasplante. No podemos cambiar un cerebro por otro y que siga siendo la misma persona, pues perdería conocimientos y procesos que constituyen la identidad personal. No obstante, deberíamos ser capaces de sustituir ciertas partes dañadas de un cerebro trasplantando tejidos cultivados con células madre. Este procedimiento no restauraría el conocimiento perdido, pero esto no es tan importante como puede parecer. Probablemente almacenamos el conocimiento en diferentes lugares y de formas diferentes por lo que las partes nuevas del cerebro podrían ser recicladas y reintegradas junto con el resto, y algunas podrían aparecer de forma espontánea. El progreso en medicina regenerativa en los últimos años ya se está acercando a esta forma de tratamiento para estados neurodegenerativos como los del Parkinson.

## LIMITACIONES DE LA SABIDURÍA HUMANA

Incluso antes de que nuestro organismo se desgaste, sospecho que toparemos con las limitaciones del cerebro. Como especie, parece que hemos llegado a una meseta de nuestro desarrollo intelectual, no hay evidencias de que nos estemos volviendo más inteligentes. ¿Fue mejor científico Albert Einstein que Newton, o Arquímedes? ¿Algún dramaturgo moderno ha superado a Shakespeare, o a Eurípides? Hemos aprendido mucho en dos mil años, y a pesar de eso, buena parte del conocimiento antiguo parece sólido (lo que me hace pensar que no hemos hecho grandes progresos). Aún no sabemos cómo tratar los conflictos que se producen entre los intereses individuales y los globales; nos cuesta tanto tomar una decisión importante que, siempre que podemos, dejamos al azar aquello de lo que no estamos seguros.

¿Por qué nuestra sabiduría es tan limitada? ¿Porque no tenemos tiempo para aprender mucho, o porque perdemos capacidad? ¿Es porque, como dice la leyenda popular, sólo utilizamos una parte del cerebro? ¿Podría ayudar una educación mejor? Desde luego que podría, pero sólo hasta cierto punto. Hasta los más prodigiosos aprenden sólo dos veces más rápido que el resto; nuestro cerebro es terriblemente lento y por eso nos lleva tanto tiempo aprender. Desde luego, ayudaría el hecho de disponer de más tiempo, pero la longevidad no es suficiente. El cerebro, como otras cosas finitas, debe alcanzar ciertos límites de lo que puede aprender; no sabemos cuáles son esos límites, y tal vez podría seguir manteniendo el conocimiento durante algunos siglos más. En último caso, no obstante, necesitaremos aumentar su capacidad.

Cuanto más sepamos sobre el cerebro, más formas encontraremos de mejorarlo. El cerebro consta de cientos de áreas especializadas; sólo sabemos algo de lo que hace cada una de ellas, pero tan pronto sepamos cómo trabajan, los investigadores tratarán de idear formas de aumentar la capacidad de dicho órgano. Incluso concebirán nuevas capacidades que la biología no ha proporcionado aún. A medida que estas innovaciones se acumulen, trataremos de conectarlas, tal vez por medio de millones de electrodos microscópicos insertados en el gran haz nervioso llamado cuerpo caloso, el mayor bus de datos del cerebro. Con ulteriores avances, no quedará ninguna parte del cerebro a la que no se puedan adjuntar nuevos accesorios. Al final, encontraremos formas de sustituir cada parte del cuerpo y del cerebro, y así reparar todos los defectos e imperfecciones que hacen que nuestra vida sea tan breve.

## SUSTITUYENDO AL CEREBRO

Casi todo el conocimiento que adquirimos está encarnado en varias redes dentro del cerebro. Estas redes consisten en un enorme número de diminutas células nerviosas, y un número aún mayor de estructuras más pequeñas, llamadas sinapsis, que controlan el modo en que las señales saltan de una célula nerviosa a otra. Para sustituir un cerebro, necesitaríamos saber algunas cosas sobre la forma en que cada sinapsis se relaciona con las dos células que une. Deberíamos también saber cómo cada una de esas estructuras responde a los campos eléctricos, hormonas, neurotransmisores, nutrientes y otras sustancias químicas que se encuentran activas a su alrededor. El cerebro contiene miles de millones de sinapsis, así que no es algo de poca importancia.

Afortunadamente no necesitaríamos conocer cada detalle. En organismos biológicos, por lo general cada sistema ha evolucionado hasta volverse cada vez más insensible a un número cada vez más alto de detalles de lo que ocurre en los subsistemas menores que dependen de él. Así, para copiar un cerebro funcional, debería ser suficiente con duplicar la función de cada una de las partes para producir sus efectos en otras partes.

Supongamos que queremos hacer una copia de una máquina, como un cerebro, que contiene un billón de componentes. Hoy día, si tuviéramos que montar cada componente por separado, no podríamos hacerlo, ni siquiera contando con el conocimiento necesario. De todos modos, si tuviéramos un millón de máquinas constructoras que pudieran crear miles de partes por segundo, nuestra tarea sólo nos llevaría unos minutos. En las próximas décadas las máquinas harán que esto sea posible, pero mucha de la fabricación de hoy en día se basa en materiales voluminosos. Por el contrario, el

campo denominado “nanotecnología” pretende crear materiales y maquinaria, ubicando cada átomo y molécula en el lugar preciso.

Por medio de estos métodos, podríamos crear partes realmente idénticas, y por tanto escapar de la aleatoriedad que entorpece el trabajo de las máquinas hechas tradicionalmente. Hoy en día, por ejemplo, cuando queremos grabar circuitos muy pequeños, el tamaño de las conexiones varía tanto que no podemos predecir sus propiedades eléctricas. Sin embargo, si pudiéramos localizar con exactitud cada átomo, esas conexiones serían imposibles de distinguir. Esto nos llevaría a nuevas clases de materiales (no se podrían crear con las técnicas actuales) y podríamos dotarlos de una resistencia increíble o de propiedades cuánticas nuevas. Estos productos, a su vez, nos proporcionarían ordenadores tan pequeños como sinapsis, con una velocidad y una eficiencia sin parangón.

## LOS LÍMITES DE LA MEMORIA HUMANA

Si queremos considerar el aumento del cerebro, antes deberíamos preguntarnos cuánto sabe una persona hoy día. Thomas K. Landauer, de Bell Communications Research supervisó algunos experimentos en los que se pedía a gente que leyera un texto, observase imágenes y escuchara una serie de palabras, frases, pequeños fragmentos musicales y sílabas sin sentido [1]. Más tarde se les preguntó de distintas formas, para comprobar lo que recordaban. En ningún caso fueron capaces de aprender y recordar más de 2 bits por segundo, independientemente del tiempo que se les diera. Si pudiéramos mantener esa tasa durante 12 horas al día, durante 100 años, el total sería de unos tres mil millones de bits, menos de lo que podemos almacenar en un CD de 5 pulgadas. En el plazo de 10 años, más o menos, esta cantidad debería caber en un simple chip informático.

Aunque estos experimentos no se parecen a lo que hacemos en la vida real, no tenemos ninguna evidencia de que la gente pueda aprender a mayor velocidad. A pesar de las leyendas populares sobre gente con “memoria fotográfica”, nadie parece haber aprendido, palabra por palabra, el contenido de un centenar de libros, o de una simple enciclopedia. Las obras completas de Shakespeare contienen unos 130 millones de bits. El límite de Landauer implica que una persona necesitaría al menos cuatro años para memorizarlas. No tenemos datos fehacientes de la cantidad de información que necesitamos para desarrollar destrezas como pintar o esquiar, pero no encuentro ninguna razón por la cual esas actividades no deberían estar igualmente limitadas.

Se cree que el cerebro contiene unos cientos de billones de sinapsis, que dejarían mucho espacio para unos pocos miles de millones de bits de memoria reproducible. De todas formas, por medio de la nanotecnología, algún día será posible crear tanto espacio de almacenamiento en un paquete del tamaño de un guisante.

## EL FUTURO DE LA INTELIGENCIA

Una vez que ya sepamos lo que necesitamos, la nanotecnología nos posibilitará crear cuerpos y cerebros de reemplazo, que no estarán obligados a funcionar arrastrando el paso del "tiempo real". Los chips de nuestro ordenador ya trabajan millones de veces más rápido que las células cerebrales. Por tanto, podríamos diseñarnos para pensar un millón de veces más rápido que ahora. Para tales seres, medio minuto podría parecer tan largo como un año, y cada hora tan larga como toda una vida.

Pero ¿podrían existir realmente estos seres? Muchos pensadores afirman que las máquinas nunca pensarán como nosotros, sin importar cómo las construyamos, puesto que siempre faltará algún ingrediente vital. Denominan de formas diversas a esta esencia, como por ejemplo estado consciente, conciencia, espíritu o alma. Los filósofos escriben libros enteros para probar que, debido a esa deficiencia, las máquinas no pueden sentir o comprender las cosas que sienten o comprenden las personas. Sin embargo, todas las pruebas de esos libros son erróneas y ya asumen lo que pretenden probar: la existencia de una especie de chispa mágica que posee propiedades imperceptibles.

Para pensar de forma eficaz necesitamos múltiples procesos que nos ayuden a describir, predecir, explicar, abstraer y organizar lo que hará nuestra mente a continuación. La razón por la que podemos pensar no es porque alberguemos talentos y dones misteriosos, sino porque utilizamos asociaciones que trabajan sincronizadas, que evitan que nos atasquemos. Cuando descubramos cómo funcionan esas asociaciones, podremos introducirlas también en los ordenadores, y así si un procedimiento en un programa se atasca, otro podría proporcionar una solución alternativa. Si viéramos una máquina haciendo algo así, realmente creeríamos que tiene conciencia.

## LOS FALLOS DE LA ÉTICA

Este apartado se basa en el derecho de tener hijos, a modificar nuestros genes o a morir si así lo deseamos. Ningún sistema ético, ya sea humanista o religioso, ha

sido capaz de encarar retos que ya se nos enfrentan. ¿Cuántas personas deberían habitar la Tierra? ¿Qué tipo de personas deberían ser? ¿Cómo deberíamos repartirnos el espacio disponible? Sin duda alguna debemos cambiar nuestras ideas en cuanto a tener más hijos. Las personas se conciben actualmente al azar; sin embargo, puede que algún día se "creen" de acuerdo con deseos y diseños concretos. Además, cuando construyamos nuevos cerebros, no tendrán por qué salirse de lo que ya hacen los nuestros, teniendo en cuenta el escaso conocimiento del mundo que tenemos. ¿Qué cosas deberían saber nuestros nuevos hijos? ¿Cuántos deberíamos producir y quién tendrá que decidir sus características?

Sea lo que sea, lo que nos depare el futuro, ya estamos cambiando las reglas para las que estamos hechos. Aunque muchos tengamos miedo del cambio, seguramente otros estarán deseando escapar de las limitaciones actuales. Cuando decidí escribir este artículo, propuse estas ideas en diferentes grupos y les hice responder a modo de votaciones informales. Me sorprendió ver que al menos tres cuartas partes de los encuestados parecían pensar que nuestra vida ya es demasiado larga. Me preguntaban cosas como: "¿Por qué querría alguien vivir quinientos años? ¿No sería aburrido? ¿Y qué pasa si sobrevives a todos tus amigos? ¿Qué harías con todo ese tiempo?". Parecía como si, secretamente, tuvieran miedo a vivir tanto, y me pareció aun más preocupante que mucha gente ya esté resignada a morir.

Mis colegas científicos presentaron inquietudes tales como: "Hay un montón de cosas que me gustaría averiguar, y tantos problemas que querría resolver que me llevarían varios siglos". Realmente, la inmortalidad puede parecer poco atractiva si es sinónimo de padecimientos interminables, debilidad y dependencia de otros, pero alcanzaríamos un estado de perfecta salud. Algunos expresaron un problema mayor: "Los mayores deben morir porque los jóvenes necesitan eliminar sus ideas pasadas". De todos modos si, como me temo, fuera cierto que estamos llegando a nuestros límites intelectuales, esta respuesta no es válida, pues interrumpiría nuestra búsqueda de ideas en los océanos de conocimiento que hay más allá de nuestro dominio [2].

## REFERENCIAS

- 1) Landauer, TK; "How Mucho Do People Remember? Some Estimates of the Quantity of Learned Information in Longterm Memory" en *Cognitive Science* (1986) pág. 10, 477-493
- 2) Este artículo apareció por primera vez en *Scientific American* en octubre de 1994, con algunas revisiones posteriores.

## VIAJE MÉDICO EN EL TIEMPO

### UNA CUESTIÓN DE CIENCIA

DR. BRIAN WOWK

Los viajes en el tiempo son un problema resuelto. Einstein demostró que si viajáramos en una nave espacial durante meses, a una velocidad cercana a la velocidad de la luz, podríamos regresar a la Tierra al cabo de unos siglos. Por desgracia, para los posibles viajeros en el tiempo, estas naves no estarían disponibles hasta dentro de varios siglos.

Y más que en Einstein, la naturaleza se basa en Arrhenius para concretar los viajes en el tiempo. La ecuación química de Arrhenius describe cómo las reacciones químicas se ralentizan a medida que baja la temperatura. Y ya que la vida es pura química, la propia vida se ralentiza a temperaturas bajas. Los animales que hibernan, hacen uso de este principio para viajar en el tiempo de un verano a otro, evitando los inviernos, cuando la comida escasea.

La medicina también aplica ya ese tipo de viaje biológico en el tiempo. Cuando órganos trasplantables como corazones o riñones son extraídos del cuerpo de un donante, empiezan a morir tan pronto como se detiene el suministro sanguíneo; estos órganos sólo disponen de un par de minutos de vida. Pero gracias a soluciones especiales para preservarlos y a la congelación, estos órganos pueden soportar horas y miles de kilómetros hasta acabar en un receptor. El frío ralentiza procesos químicos que serían fatales en períodos de tiempo muy cortos.

¿Puede viajar la gente en el tiempo, al igual que los órganos conservados? Sorprendentemente, la respuesta parece ser afirmativa. Aunque no sucede casi nunca, algunas veces la medicina conserva a personas como si fueran órganos esperando un trasplante. Algunas intervenciones quirúrgicas en los vasos principales del corazón o el cerebro, sólo pueden llevarse a cabo si se detiene por completo la circulación corporal [1; 2]. La detención total de la circulación sería normalmente fatal al cabo de 5 minutos, pero bajando la temperatura corporal hasta los 16°C, se consigue que el organismo se mantenga vivo, en una especie de estado "apagado" durante cerca de 60 minutos [3]. Con sustitutos sanguíneos específicos o mayor enfriamiento hasta una temperatura de 0°C, se puede prolongar la vida hasta las tres horas, sin latido del corazón, ni circulación [4]. A pesar de que actualmente no hay un uso quirúrgico para la detención circulatoria durante varias horas [5], en el futuro podrá aplicarse para permitir la reparación quirúrgica de

heridas causadas por traumas severos, antes de restablecer la circulación sanguínea [6].

Mientras algunos procesos biológicos simplemente se ralentizan por congelación, otros se detienen por completo. La actividad cerebral es un ejemplo importante; la actividad eléctrica en el cerebro suele detenerse a temperaturas inferiores a los 18°C, y desaparece por completo en todos los casos cuando se alcanzan temperaturas de congelación [7]. Y se puede sobrevivir a esas temperaturas. De hecho, el cerebro no sólo puede recuperarse tras ser "apagado", sino que los cirujanos suelen emplear fármacos para obligar al cerebro a "apagarse" cuando la temperatura no es suficiente para lograrlo [8]. Y hacen esto porque si el cerebro se encuentra activo cuando se detiene la circulación, los remanentes de energía vital pueden reducirse hasta llegar a causar la muerte. Esto nos recuerda que la muerte no se produce cuando la vida se apaga; la muerte se produce cuando la química de la vida se daña de forma irreversible.

Pero la cirugía especializada no es el único caso en el que se detiene la actividad cerebral para luego reiniciarla. Un simple paro cardíaco, a temperatura corporal normal, también ocasiona que la actividad eléctrica del cerebro se detenga unos 40 segundos [9]. El corazón puede estar parado durante ese tiempo varias veces y no causaría daños importantes en el cerebro. Los anestésicos, por ejemplo los barbitúricos, pueden bajar el nivel del EEG (actividad eléctrica cerebral) durante horas, sin afectar la recuperación posterior [10]. Esta eliminación prolongada de la actividad cerebral e inducida por fármacos se emplea, en ocasiones, como tratamiento de daños cerebrales [11]. Los pacientes no salen de ese coma como pizarras en blanco, como es lógico, un humano no requiere de operaciones continuas como los chips informáticos. El cerebro almacena la memoria a largo plazo en estructuras físicas, no en patrones eléctricos efímeros.

Tal vez, el ejemplo más extremo de cerebros totalmente detenidos que funcionan de nuevo son los experimentos de Isamu Suda, que aparecieron en el boletín *Nature* [12] y alguna otra publicación [13] en 1966 y 1974. Suda mostró la recuperación de la actividad EEG en cerebros de gatos reanimados con sangre templada tras conservarlos a una temperatura de -20°C durante 7 años.

Los experimentos reversibles en los que toda actividad eléctrica se detiene y la química se aproxima al paro virtual, desmienten la creencia del siglo XIX de que hay una "chispa de la vida" en las cosas vivientes. La vida es química. Si la química de la vida se conserva de forma adecuada, existe vida; si la estructura química y la organización de una mente humana se conserva de la forma adecuada, entonces existe una persona.

Los cerebros congelados de gato de Suda se deterioraban con el paso del tiempo. Los cerebros descongelados después de 5 años presentaban patrones de EEG casi idénticos a los obtenidos antes de la congelación. Pero los descongelados después de 7 años, presentaban una actividad ralentizada. A una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  aún se puede apreciar la existencia de agua en estado líquido en una solución concentrada de cristales de hielo. El deterioro químico se produce en esa solución líquida fría.

Preservar la química de la vida durante períodos ilimitados de tiempo requiere temperaturas inferiores a  $-130^{\circ}\text{C}$  [14]. Por debajo de esta temperatura, cualquier posible líquido que no se haya congelado en cristales de hielo, sufre una "transición vítrea". Las moléculas se adhieren a sus vecinas por medio de lazos débiles de hidrógeno. En lugar de moverse de un lado a otro, las moléculas vibran en un solo lugar. Y sin el movimiento libre de las moléculas, toda la química se detiene.

Para que las células sobrevivan a este proceso, debemos añadirles sustancias químicas llamadas crioprotectores. Los crioprotectores, como el glicerol, son pequeñas moléculas que penetran libremente en las células y limitan el porcentaje de agua que se convierte en hielo durante el proceso de congelación. Esto permite a las células sobrevivir a la congelación gracias a bolsas aisladas de solución anticongelante entre los cristales de hielo [14]. Por debajo de la temperatura de transición vítrea, las moléculas de esas bolsas quedan atrapadas y las células se conservan dentro de esa mezcla de agua cristalizada y crioprotector.

La técnica de conservar células individuales por congelación fue demostrada por primera vez hace un siglo [15]. Ahora se aplica de forma rutinaria en diferentes tipos de células, incluyendo embriones humanos. Conservar tejidos organizados mediante congelación ha resultado ser mucho más complicado. Mientras que las células aisladas pueden acomodar hasta un 80% del agua que las rodea cuando se congela, los órganos son mucho menos compresivos ya que no hay espacio entre las células para que se genere el hielo [16]. Los cerebros de gato de Suda sobrevivieron a la congelación ya que la temperatura relativamente templada de  $-20^{\circ}\text{C}$ , hacía que pequeñas cantidades de glicerol evitaran la formación de hielo entre las células, dentro de unos límites tolerables.

En 1984, el criobiólogo Greg Fahy propuso una nueva solución al problema de la conservación de tejidos complejos a baja temperatura [17]. En lugar de congelarlos, Fahy propuso cargar los tejidos con tanta cantidad de crioprotector que se evitara la formación de hielo a cualquier temperatura negativa. Por debajo de la temperatura de transición vítrea, todos los órganos se convertirían en sólidos cristalizados (sólidos con la estruc-

tura molecular de un líquido), evitando así los daños ocasionados por el hielo. Este proceso se denominó "vitrificación". La preservación por vitrificación, demostrada por primera vez con embriones [18], se ha aplicado a diferentes tipos de células y tejidos de complejidad cada vez mayor. En el año 2000 se demostró la vitrificación reversible de vasos sanguíneos trasplantables [19].

Nuevos avances en la reducción de la toxicidad de las soluciones vitrificantes [20] y en la adición de moléculas sintéticas bloqueadoras de hielo [21; 22], se siguen produciendo paso a paso. En el año 2004 se realizaron trasplantes de riñones de conejo después de estar sometidos a temperaturas de  $-45^{\circ}\text{C}$  [23]. Estos riñones fueron sometidos al tratamiento de protección sustituyendo más de la mitad del agua que albergaban por productos químicos vitrificantes. Sorprendentemente, los órganos pueden sobrevivir a este tratamiento extremo si las sustancias químicas se introducen y se extraen a bajas temperaturas de forma muy rápida.

La vitrificación reversible de los órganos principales es una posibilidad razonable a alcanzar en esta década. Pero, ¿qué pasa con la vitrificación de animales enteros? Ese es un problema más complicado. Algunos órganos, como los riñones o el cerebro, son órganos privilegiados para la vitrificación debido a su alto flujo sanguíneo, lo que permite que las sustancias químicas penetren y salgan de ellos antes de que se produzcan efectos tóxicos. La mayor parte de tejidos no sobrevivirían a una exposición de sustancias químicas durante el tiempo necesario para absorber una concentración suficiente que prevenga de la congelación.

Resulta útil distinguir entre la vitrificación reversible y la vitrificación morfológica. La vitrificación reversible es aquella en la cual los tejidos se recuperan del proceso de vitrificación en un estado viable. La vitrificación morfológica es aquella en que se conserva un tejido sin congelarlo con una buena preservación estructural, pero en la que resultan dañadas una serie de enzimas clave u otras biomoléculas por las sustancias vitrificantes. Quedó constancia fotográfica de la vitrificación morfológica de un riñón en el artículo original de Fahy [17], pero 20 años después, aún se persigue la vitrificación reversible de un riñón.

Según todo esto, ¿cuáles son las posibilidades de vitrificar reversiblemente a un humano? En teoría es posible, aunque las posibilidades aún están lejanas. La vitrificación morfológica de la mayoría de los órganos y tejidos del organismo ya es posible, pero transformar la vitrificación morfológica en reversible requerirá de conocimientos fundamentales de los mecanismos de toxicidad de los crioprotectores y, por tanto, intervenir en dichos mecanismos.

Si se desarrolla la vitrificación reversible de humanos en las próximas décadas, ¿qué aplicaciones tendría este tipo de “animación suspendida”? Se ha sugerido que una de ellas podría ser los viajes espaciales, pero, los viajes en el tiempo (y en especial los viajes médicos en el tiempo) parecen ser la aplicación primaria. Las personas que mueren de enfermedad, especialmente los jóvenes, y que esperan ser tratados en años venideros, serían los más interesados en probar esta nueva tecnología de animación suspendida. Los gobiernos seguramente no permitirían que nadie, excepto los moribundos, se sometan a un proceso tan extremo, sobre todo en los comienzos. Las aplicaciones a viajes espaciales, llegarían mucho después.

El viaje médico en el tiempo, por definición, implica la anticipación tecnológica. En algunos casos, esa anticipación puede ir más allá de la simple curación de una enfermedad. Después de todo, si las personas son criopreservadas para futuros tratamientos, ¿qué ocurre con los tratamientos futuros para las imperfecciones del actual proceso de preservación? A medida que se acercan las posibilidades médicas de la animación suspendida reversible, la tentación por simplificarla se hará mayor. De hecho, mucha gente ya lo está haciendo.

En 1964, cuando la ciencia de la criobiología aún estaba en pañales, Robert Ettinger propuso congelar personas recién fallecidas hasta que la ciencia pudiera resucitarlas [24]. Esta propuesta asumía que la causa de la muerte, los estados iniciales de la muerte clínica, y la preservación, serían reversibles en el futuro. Incluso se invertiría el envejecimiento. Esta propuesta se hizo en la ausencia total de un conocimiento detallado de los efectos de la detención del flujo sanguíneo o de la congelación del cuerpo humano. Esta propuesta se conocería más adelante como “criónica”.

La criónica tuvo la habilidad de sortear los obstáculos legales para criopreservar personas, actuando en el otro lado de la línea legal divisoria de la muerte. En cualquier caso, 40 años después y en razón de la cantidad de gente involucrada y la aceptación científica del campo, la criónica sigue siendo una práctica alternativa. ¿La razón? Seguramente porque actuando como lo hace, la criónica se ve más como un sepelio que como medicina. Hay organizaciones como el Cryonics Institute que están autorizados para funcionar como cementerios. Se anuncia que profesionales funerarios ofrecen sus servicios allí, como si eso fuera una promoción. Hoy en día, los diccionarios definen la criónica como “congelación de seres humanos muertos”. ¿Y aún nos asombra que la criónica sea tan impopular? ¡Es un error por definición!

Pero, ¿está justificado biológicamente este punto de vista? En la década de los 80, otra organización, la Alcor Life Extension Foundation, adoptó un

entendimiento diferente de la criónica. Bajo el liderazgo del investigador en cirugía cardiotorácica Jerry Leaf y el técnico en diálisis Mike Darwin, Alcor trasladó los métodos de la medicina moderna a la criónica. Lo que Alcor buscaba era validar cada paso de su proceso de criopreservación como reversible, comenzando por mantener la vida inmediatamente después de un paro cardíaco, y manteniendo durante horas, la circulación con soluciones que sustituyeran la sangre. Leaf y Darwin mostraron que grandes animales podrían ser reanimados con éxito después de estar varias horas sometidos a temperaturas próximas a la congelación, y bajo condiciones similares a aquellas que se daban en las primeras horas de casos criónicos reales [25]. Los índices hematológicos y de oxígeno obtenidos en casos criónicos reales demostraron, más tarde, que la aplicación de técnicas de soporte vital (resucitación cardiopulmonar mecánica y máquinas de circulación extracorpórea) podían mantener biológicamente vivos a sujetos tratados criónicamente, incluso en un estado de paro cardíaco y muerte legal [26].

Al día de hoy, todo esto sitúa a la criónica en una posición interesante. Se la estigmatiza como algo que no puede funcionar, ya que los sujetos están legalmente muertos; y en circunstancias ideales, estos sujetos están aparentemente vivos si atendemos a todos los criterios indicadores, exceptuando el pulso. En principio, son biológicamente iguales a los pacientes que se someten a operaciones a corazón abierto a pesar de las etiquetas legales. La fase de criopreservación de la criónica, aún no es reversible, pero los especialistas dirían que esto no implica muerte, ya que la muerte sólo ocurre cuando la bioquímica se daña de forma irreversible, y la "irreversibilidad" depende por completo de la tecnología.

Para aclarar estos temas, los crionicistas han propuesto el "criterio teórico de información" para establecer la muerte [27]. Según este criterio, uno no muere cuando se detiene la vida (esto ya lo sabemos gracias a la medicina clínica), ni cuando se daña la bioquímica, sino que sólo se muere cuando la bioquímica está tan dañada que ninguna tecnología, ni siquiera la nanotecnología molecular [28], pueden restablecer estos niveles bioquímicos con la memoria intacta. De acuerdo con esto, alguien que hubiera sufrido días atrás un paro cardíaco en la selva estaría realmente muerto. Pero alguien que sufriera un paro cardíaco de unos pocos minutos y no estuviera expuesto durante un largo período de tiempo a la toxicidad del crioprotector durante la vitrificación morfológica, tal vez no.

Tanto si uno acepta este criterio teórico de información como si no, la criónica moderna que aplica los equipos de soporte vital para reanimar el cerebro después de la muerte legal, plantea temas importantes. Entre ellos, el hecho de que la criónica no puede ser descartada simplemente por decir

que sus pacientes están muertos. Dos minutos de paro cardíaco seguidos de un restablecimiento de la circulación no hacen un muerto. Debería existir una norma que impidiera pronunciar la palabra “muerto”, cuando hablamos de criónica. Es una difamación que no implica nada científico.

Que la criónica funcione depende de los detalles biológicos de una isquemia cerebral (daño cerebral producido por la detención del flujo sanguíneo), del daño de la criopreservación y de una anticipación a una futura tecnología. Hay mucha literatura publicada sobre isquemias cerebrales, y una pequeña parte, aunque en aumento, de lo relativo a tecnologías futuras [29-33]. En cualquier caso, existe muy poca información acerca de la calidad de la preservación lograda en la criónica [34; 35]. Parece lógico solicitar esa información a los especialistas en criobiología.

Los criobiólogos, científicos profesionales que estudian el efecto del frío en seres vivos, decidieron hace tiempo que no querían que su campo se asociara a la criónica [36]. Las normas de la Society for Cryobiology promueven la expulsión de aquellos miembros que practiquen o promuevan “la congelación de personas fallecidas”. El resultado ha sido la polarización de los criobiólogos, bien con el desprecio directo o bien con el silencio. Se habla de la criónica con desdén, como si no hubiera cambiado en 40 años. Este entorno político, además del hecho de que la mayoría de los criobiólogos trabajan fuera del campo de la criopreservación de órganos, hace que obtener información criobiológica sobre la criónica sea muy complicado.

El hecho criobiológico más importante para la criónica (diferente a la condición de irreversibilidad que tiene actualmente) es que las sustancias químicas crioprotectoras pueden circular a través de la mayor parte de los órganos del cuerpo, si no existen coágulos de sangre. Podemos concluir diciendo simplemente, que todo lo que sabemos ahora sobre la preservación de órganos a largo plazo, lo aprendimos extrayendo y tratando dichos órganos bajo condiciones muy similares a los casos criónicos ideales. Por lo general, se observa que la calidad de la preservación de la estructura celular (según reveló la microscopía óptica y electrónica) es muy pobre cuando no se aplica crioprotector, pero mejora de forma gradual a medida que se incrementa la concentración de éste, siempre que no se superen los límites de toxicidad. En los últimos años, hemos asistido a una tendencia a usar mayores concentraciones crioprotectoras en criónica, logrando una preservación estructural muy semejante a la de los tejidos no congelados [35].

Las afirmaciones extraordinarias requieren pruebas extraordinarias. Ya que es plausible que la RCP mecánica y el descenso rápido de la temperatura corporal puedan conservar con vida un cerebro después de sufrir un paro cardíaco, los crionicistas necesitan aportar más datos sobre la oxigenación

y química sanguínea para apoyar esta afirmación. Mientras que es plausible que la vitrificación morfológica de órganos principales pueda lograrse por medio de la tecnología ya existente, hace falta mucha más investigación para apoyar lo dicho anteriormente. La información técnica abundante es crítica para evaluar un campo altamente especulativo que no obtendrá retroalimentación en décadas, o incluso siglos. Y la criónica sin retroalimentación es un viaje a ninguna parte [37].

En algún punto a medio camino entre la congelación, la vitrificación morfológica, la vitrificación reversible del sistema nervioso central y la vitrificación reversible de todo el cuerpo, hay una tecnología que llevará a la medicina a tomarse en serio la idea de que el viaje médico en el tiempo puede llevarse a cabo en este siglo. Sólo nos queda ver, si lo que hoy conocemos como criónica, se convertirá finalmente en esa tecnología. Dependerá de que los especialistas puedan arreglárselas para superar el estigma asociado a su campo y desarrollar métodos que estén refrendados por una mayor retroalimentación con la biología y no tanto en los castillos en el aire. Y también dependerá de que los críticos puedan arreglárselas para dedicarse a un debate más profundo y dejen de lado los insultos. La factibilidad del viaje médico en el tiempo es una cuestión de ciencia, no de retórica.

## REFERENCIAS

- 1) Aebert H & Brawanski A & Philipp A & Behr R & Ullrich OW & Keyl C & Birnbaum DE; "Deep hypothermia and circulatory arrest for surgery of complex intracranial aneurysms" en: *European Journal of Cardiothoracic Surgery* (1998, Vol. 13); pág. 223–229
- 2) Ehrlich M & Grabenwoger M & Simon P & Laufer G & Wolner E & Havel M; "Surgical treatment of type A aortic dissections. Results with profound hypothermia and circulatory arrest" en: *Texas Heart Institute Journal* (1995, Vol. 22); pág. 250–253
- 3) Rosenthal E; "Suspended Animation – Surgery's Frontier" en: *New York Times* (1990, Nov. 13)
- 4) Haneda K & Thomas R & Sands MP & Breazeale DG & Dillard DH; "Whole body protection during three hours of total circulatory arrest: an experimental study" en: *Cryobiology* (1986, Vol. 23); pág. 483–494
- 5) Greenberg MS; "General technical considerations of aneurysm surgery" en: *Handbook of Neurosurgery* (1997, 4<sup>th</sup> edition)

- 6) Bellamy R & Safar P & Tisherman SA & Basford R & Bruttig SP & Capone A & Dubick MA & Ernster L & Hattler BG Jr & Hochachka P & Klain M & Kochanek PM & Kofke WA & Lancaster JR & McGowan FX Jr & Oeltgen PR & Severinghaus JW & Taylor MJ & Zar H; "Suspended animation for delayed resuscitation" en: *Critical Care Medicine* (1996, Vol. 24); pág. S2447
- 7) Stecker MM & Cheung AT & Pochettino A & Kent GP & Patterson T & Weiss SJ & Bavaria JE; "Deep hypothermic circulatory arrest: I. Effects of cooling on electroencephalogram and evoked potentials" en: *Annals of Thoracic Surgery* (2001, Vol. 71); pág. 14–21
- 8) Rung GW & Wickey GS & Myers JL & Salus JE & Hensley FA Jr & Martin DE; "Thiopental as an adjunct to hypothermia for EEG suppression in infants prior to circulatory arrest" en: *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* (1991, Vol. 5); pág. 337–342
- 9) Lind B & Snyder J & Kampschulte S & Safar P; "A review of total brain ischaemia models in dogs and original experiments on clamping the aorta" en: *Resuscitation* (1975, Vol. 4); pág. 19–31
- 10) Bird TD & Plum F; Recovery from barbiturate overdose coma with a prolonged isoelectric electroencephalogram" en: *Neurology* (1968, Vol. 18); pág. 456–460
- 11) Toyama T, en: *Barbiturate Coma*, <http://www.trauma.org/anaesthesia/barbcoma.html>
- 12) Suda I & Kito K & Adachi C; "Viability of long term frozen cat brain in vitro" en: *Nature* (1966, Vol. 212); pág. 268–270
- 13) Suda I & Kito K & Adachi C; "Bioelectric discharges of isolated cat brain after revival from years of frozen storage" en: *Brain Research* (1974, Vol. 70); pág. 527–531
- 14) Mazur P; "Freezing of living cells: mechanisms and implications" en: *American Journal of Physiology* (1984, Vol. 247); pág. C125–142
- 15) Polge C & Smith A & Parkes AS; "Revival of Spermatozoa after Vitrification and Dehydration at Low Temperatures" en: *Nature* (1949, Vol. 164); pág. 666
- 16) Fahy GM & Levy DI & Ali SE; "Some emerging principles underlying the physical properties, biological actions, and utility of vitrification solutions" en: *Cryobiology* (1987, Vol. 24); pág. 196–213
- 17) Fahy GM & MacFarlane DR & Angell CA & Meryman HT; "Vitrification as an approach to cryopreservation" en: *Cryobiology* (1984, Vol. 21); pág. 407–426

- 18) Rall WF & Fahy GM; "Ice-free cryopreservation of mouse embryos at -196 degrees C by vitrification" en: *Nature* (1985, Vol. 313); pág. 573-575
- 19) Song YC & Khirabadi BS & Lightfoot F & Brockbank KG & Taylor MJ; "Vitreous cryopreservation maintains the function of vascular grafts" en: *Nature Biotechnology* (2000, Vol. 18); pág. 296-299
- 20) Fahy GM & Wowk B & Wu J & Paynter S; "Improved vitrification solutions based on the predictability of vitrification solution toxicity" en: *Cryobiology* (prensa)
- 21) Wowk B & Leitl E & Rasch CM & Mesbah-Karimi N & Harris SB & Fahy GM; "Vitrification enhancement by synthetic ice blocking agents" en: *Cryobiology* (2000, Vol. 40); pág. 228-236
- 22) Wowk B & Fahy GM; "Inhibition of bacterial ice nucleation by polyglycerol polymers" en: *Cryobiology* (2002, Vol. 44); pág. 1423
- 23) Fahy GM & Wowk B & Wu J & Phan J & Rasch C & Chang A & Zendejas E; "Cryopreservation of Organs by Vitrification: Perspectives and Recent Advances" en: *Cryobiology* (prensa)
- 24) Ettinger RCW; *The Prospect of Immortality* (1964, 1º Edición); Doubleday & Company
- 25) Alcor Life Extension Foundation website: Alcor's Pioneering Total Body Washout Experiments, <http://www.alcor.org/Library/html/tbw.html>
- 26) Darwin M; "Cryopreservation of CryoCare Patient #C- 2150" en: *Biopreservation Technique Briefs* (1996, Vol 18); <http://www.cryocare.org/index.cgi?subdir=bpi&url=tech18b.txt>
- 27) Merkle RC; "The technical feasibility of cryonics" en: *Medical Hypotheses* (1992, Vol. 39); pág. 6-16
- 28) Drexler E; *Engines of Creation* (1986, 1º Edición); Anchor Press/Doubleday
- 29) Darwin M; "The Anabolocyte: A Biological Approach to Repairing Cryoinjury" en: *Life Extension Magazine* (1977, julio/agosto); pág. 80-63
- 30) Drexler KE; "Molecular engineering: An approach to the development of general capabilities for molecular manipulation" en: *Proceedings of the National Academy of Sciences* (1981, Vol. 78); pág. 5275-5278
- 31) Donaldson T; "24th Century Medicine" en: *Analog ScienceFiction/Science-Fact* (1988, septiembre.); <http://www.alcor.org/Library/html/24thcenturymedicine.html>

- 32) Freitas RA; *Nanomedicine, Vol. I: Basic Capabilities* (1999, 1º Edición); Landes Bioscience
- 33) Freitas RA; *Nanomedicine, Vol. IIA: Biocompatibility* (2003, 1º Edición); Landes Bioscience
- 34) Alcor staff; "Histological study of a temporarily cryopreserved human" en: *Cryonics* (1984, noviembre); pág. 13-32; <http://www.alcor.org/Library/html/HistologicalStudy.htm>
- 35) Darwin M & Russell R & Wood L & Wood C; "Effect of Human Cryopreservation Protocol on the Ultrastructure of the Canine Brain" en: *Biopreservation Tech Briefs* (1995, Vol. 16) <http://www.cryocare.org/index.cgi?subdir=bpi&url=tech16.txt>
- 36) Darwin M; "Cold War: The Conflict Between Cryonicists and Cryobiologists" <http://www.alcor.org/Library/html/coldwar.html>
- 37) Darwin M; "The Myth of the Golden Scalpel" en: *Cryonics* (1986, enero); pág. 15-18

## Capítulo II: Perspectivas Ética, sociología y filosofía

Podríamos terminar aquí. Ya se ha narrado la historia científica, los expertos han hecho sus predicciones y las opciones ya están sobre la mesa. Pero la misión del Immortality Institute es abarcar más. Han surgido muchas preguntas tales como qué significa ser humano, qué significa ser mortal sobre la sociedad del futuro, y los sueños que perfilamos hoy. En esta sección encontraremos a los que apoyan con entusiasmo la búsqueda de la inmortalidad y a los que son realmente escépticos.

Pero esta sección no trata sólo de agravios morales y de derechos (humanos). También se nos pide que consideremos más profundamente las cuestiones filosóficas relativas al tiempo, la identidad y nuestro punto de vista sobre la muerte y la vida.

Empezamos con el ensayo de Brad F. Mellon, "**Algunas consideraciones éticas y teológicas**". Los editores confiesan que las recientes declaraciones del presidente del Council on Bioethics de Estados Unidos sorprendieron muy positivamente al encontrar un análisis tan comedido y minucioso de la relación entre cristiandad y la conquista científica de la muerte. En la conclusión, Mellon nos despide con al menos dos preguntas: Por qué deberíamos temer a la muerte y por qué deberíamos invertir más recursos.

La última pregunta se parafrasea a menudo como un asunto Maltusiano en lo que respecta a la limitación de los recursos porque seguramente ya existe demasiada gente. El filósofo inmortalista y fundador del movimiento transhumanista extropiano, **Max More**, sostiene que la "**Superlongevidad sin superpoblación**" es totalmente factible.

Otra objeción instintiva a la conquista científica de la muerte es afirmar que morir es, después de todo, algo natural. El empresario y activista **Mike Treder** se afianza en la discusión sobre "**Emanciparse de la muerte**". Para él, la muerte es un mal que debemos erradicar, y el deseo de inmortalidad está lejos de ser algo artificial como creen muchos de nuestros colaboradores científicos.

**Eric S. Rabkin**, profesor de Lengua Inglesa, analiza la forma en que se ha representado la lucha por la inmortalidad en la literatura. En una investigación intuitiva aunque cabal, llega a la conclusión de que el deseo de in-

mortalidad es **“La fantasía contraproducente”**. Al contrario de lo que hace el autor anterior, que aboga por la expansión de la conciencia combinando seres digitales para convertirnos en “superhombres”, Rabkin advierte sobre “¿Quién elegiría una eternidad tan castrada?”

Podemos ver que existe otra dimensión en las discusiones sobre expectativa de vida: la identidad y su concepción. El **Dr. Manfred Clynes** nos ofrece una desafiante discusión sobre **“La conciencia del tiempo en una vida muy larga”**. Si el tiempo que experimentamos es más importante que el tiempo que vivimos, ¿cómo podría alterar nuestra identidad si tuviéramos una conciencia del tiempo diferente?

Tras este tipo de discusiones, muchos lectores se alegrarán, sin duda, de encontrar un ensayo con “identidad”, aunque no se pueda considerar “castrada” de ninguna manera: **Shannon Vyff**, madre de tres niños, defensora de la inmortalidad en la vida real. Se aplica restricciones calóricas en la dieta y ha contratado servicios criónicos. En su tiempo libre aboga por la investigación de la extensión de la vida. En sus **“Confesiones de una inmortalista proselitista”** nos habla de su vida, pensamientos y experiencias.

Pero, ¿debería alguien como Shannon Vyff llamarse a sí misma “inmortalista”? El mismo **Ben Best**, presidente del Cryonics Institute y firme defensor de la conquista de la muerte, cree que hay **“Algunos problemas con el inmortalismo”**. Después de todo, la inmortalidad es un periodo de tiempo inconcebiblemente grande. ¿Deberían centrarse sólo en extender la expectativa de vida todos los que desean la conquista de la muerte?

“Al contrario” responde **Marc Geddes**. En su **“Introducción a la moralidad inmortalista”** desarrolla un argumento desde la filosofía moral, fundamentando la teoría moral en la percepción humana de la muerte y del deseo de inmortalidad. Geddes incluso se permite desacreditar la creencia común de que nuestra mortalidad es lo que hace que merezca la pena vivir.

Esto nos lleva al último ensayo de esta sección, el cual nos devuelve a la primera cuestión propuesta por el capellán Mellon: a pesar de todo lo dicho al respecto de la inmortalidad científica, ¿por qué **“Deberíamos temer a la muerte”**? El escritor australiano **Russell Blackford** analiza argumentos epicúreos y modernos sobre el tema. Su cita “No deberíamos consolarnos con falsas esperanzas sobre las supuestas ventajas de ser mortal” sirve de conclusión a este segundo capítulo.

## ALGUNAS CONSIDERACIONES ÉTICAS Y TEOLÓGICAS

DR. BRAD F. MELLON

El Immortality Institute (de ahora en adelante "Institute") tiene como objetivo lograr la inmortalidad física con la misión declarada de superar la muerte involuntaria [1]. Este ensayo expondrá algunas de las consideraciones éticas y teológicas que, bajo mi punto de vista, necesitamos aclarar y comprender para llevar a cabo un proyecto tan ambicioso como este. A la hora de explorar los asuntos éticos, me basaré en los clásicos principios de Georgetown de la bioética moderna, concretamente la autonomía, la beneficencia, la no-maleficencia y la justicia. También tendré en cuenta formulaciones más especializadas como la de los cuatro intereses de la Commonwealth de Pennsylvania (preservar la vida, prevenir el suicidio, proteger a terceras partes y mantener la integridad de los cuidados sanitarios). Las consideraciones teológicas para este estudio están tomadas de la tradición judeo-cristiana, incluyendo las Escrituras Hebreas y Cristianas y las reflexiones teológicas hechas por estudiosos destacados. Por último, necesitamos tener en cuenta la observación de Delkeskamp-Hayes de que la ética puede ser vista como un ingrediente esencial de la teología [2]. El resultado es que las implicaciones éticas a menudo se incluyen en consideraciones teológicas, y ambas deben aplicarse en conjunto, no por separado.

### ASPECTOS POSITIVOS

El concepto de inmortalidad física humana tiene mucho que agradecer a los principios éticos y teológicos. Primero, porque hay gran cantidad de alusiones en las Escrituras que promueven y apoyan la vida, incluyendo la vida eterna. Según el Eclesiastés 3:11, por ejemplo, Dios ha otorgado inmortalidad en nuestro corazón (aunque no seamos capaces de comprenderlo). La sabiduría de los Proverbios 12:28 nos muestra la senda gloriosa que nos conduce a la vida eterna. En el Génesis 9:1-6, la santidad de la vida humana es parte integral del acuerdo entre Dios y Noé, donde se conecta el carácter sagrado de la vida con nuestra creación a Imago Dei (imagen de Dios).

Otro pasaje de las Escrituras Hebreas, el Salmo 139:13-16 ofrece una bella descripción poética de la vida como actividad creadora de Dios:

Tú creaste mis entrañas, me plasmaste en el seno de mi madre te doy gracias porque fui formado de manera tan admirable. ¡Qué maravillosas son tus obras! Tú conocías hasta el fondo de mi alma y nada de mi ser se te ocultaba, cuando yo era formado en lo secreto, cuando era tejido en lo profundo de la tierra. Tus ojos ya veían mis acciones, todas ellas estaban en tu Libro; mis días estaban escritos y señalados, antes que uno solo de ellos existiera.

Otras Escrituras que apoyan el compromiso del Institute en lo concerniente a la extensión radical de la vida, incluyen el Salmo 116, donde el autor agradece a Dios que le librara de la muerte y le permitiera vivir un poco más.

Asimismo, las Escrituras Cristianas están llenas de alusiones al mantenimiento de la vida. Por ejemplo, Jesucristo afirma rotundamente que la vida humana es más valiosa que los recursos necesarios para mantenerla (Mateo 6:25). Las reflexiones del Papa Juan Pablo II en su encíclica, *El evangelio de la vida*, vienen a decir lo mismo y han de ser tomadas en consideración:

El Evangelio de la vida está en el centro del mensaje de Jesús. Acogido con amor cada día por la Iglesia, es anunciado con intrépida fidelidad como buena noticia a los hombres de todas las épocas y culturas...Presentando el núcleo central de su misión redentora, Jesús dice: "Yo he venido para que tengan vida y la tengan en abundancia" (Juan 10:10). Se refiere a aquella vida "nueva" y "eterna", que consiste en la comunión con el Padre, a la que todo hombre está llamado gratuitamente en el Hijo por obra del Espíritu Santificador. Pero es precisamente en esa "vida" donde encuentran pleno significado todos los aspectos y momentos de la vida del hombre [3].

Continúa diciendo que el mismo Dios ha dado un "valor inestimable" a nuestra vida temporal en la tierra. La vida es una "realidad sagrada" que se nos ha confiado, y el resultado es la responsabilidad de preservar nuestra propia vida y la de otros.

La ambiciosa misión del Institute de erradicar lo que sus miembros ven como la "plaga" de la muerte involuntaria, puede concordar con, al menos, dos de los intereses de la Commonwealth de Pennsylvania. En un intento aparente de asegurar que se harán todos los esfuerzos necesarios para prevenir la muerte prematura, la Commonwealth hace hincapié en la preservación de la vida y la protección a terceras partes. "Terceras partes" son aquellos que dependen económicamente de sus padres, de otros familiares o de tutores. No resulta difícil imaginar cómo estos esfuerzos por preservar y ampliar la vida física pueden beneficiar a estas personas.

Otro aspecto positivo de la misión del Institute es que puede servir como contrapeso a lo que muchos llamarían en la actualidad la "cultura de muer-

te” [4]. Peter Singer, por ejemplo, dice que los seres humanos no deberían destacar de otras formas de vida y explica que un animal, como un cerdo o un perro, podría tener una racionalidad superior a la de un niño con una discapacidad grave. Añade que sería mejor para ese niño ofrecerle un tratamiento que le facilitara la muerte. Singer afirma que este asunto se debería dejar en manos de los padres en última instancia, atendiendo a sus deseos para con ese niño. Según él, debemos respetar el deseo de morir de un humano racional y asegura que proporcionar una inyección letal puede en algunos casos (como por ejemplo en estados vegetativos permanentes) ser éticamente igual a retirar una sonda gástrica (y para él es preferible y más compasivo) [5].

Aún hay otras propuestas a favor de la eutanasia activa y el suicidio asistido para todos aquellos que sufren. Como por ejemplo Jack Kevorkian, quien sugiere que tales medidas deberían haberse tomado hace mucho tiempo en nuestra sociedad. Afirma que la cultura occidental ha establecido una serie de “leyes arbitrarias” contra la eutanasia y el suicidio asistido debido a la presión de las creencias religiosas [6].

A pesar de que los partidarios de la eutanasia y el suicidio asistido afirman que estas prácticas en teoría sirven para “actuar bien” (beneficencia), muchos críticos dicen que la aplicación de estas medidas puede conducirnos en una dirección muy diferente y tal vez peligrosa. Una editorial en *Christianity Today*, por ejemplo, analiza la legislación reciente en Holanda que aplica el derecho a morir a cualquier persona mayor de 16 años sin permiso paterno. Según el editor:

En Alemania, el recuerdo moral de la Aktion T4, la ley de eutanasia de Hitler, aún está vivo. Pero los holandeses parecen haber olvidado que el régimen de Hitler primero mejoró las tácticas de ejecución y luego probó las cámaras de gas con niños enfermos y adultos discapacitados entre 1939 y 1941, para después aplicar estas nuevas pericias técnicas a los judíos en Auschwitz y Treblinka [7].

Se puede ver por qué, en vista de los acontecimientos históricos, “la prevención del suicidio” se incluye en varias formulaciones éticas, y por qué Pennsylvania, por ejemplo, ha hecho de ello uno de sus cuatro intereses de Estado. Nos parece que el movimiento a favor del “derecho a morir” ha de ser dirigido en contra del movimiento de ampliar la vida radicalmente. Al menos nuestra intención es que el pronunciado énfasis del Institute por la vida sea útil para seguir la pista a cualquier movimiento que permita la muerte autónoma prematura, o en especial quitar la vida ilegalmente (no-maleficencia). Aunque la misión del Institute va dirigida a eliminar la muerte involuntaria, tomar posiciones respecto a la muerte

voluntaria puede sernos útil para ofrecer una perspectiva más realista de la vida y de los asuntos relacionados con la muerte a los que se enfrenta la sociedad.

## PREOCUPACIONES

Aunque hemos encontrado apoyo para la misión del Institute entre los principios teológicos y éticos derivados de nuestra tradición judeo-cristiana, surgen algunas preocupaciones.

En primer lugar, la realidad obvia de la muerte. Un proverbio americano sostiene que “la muerte y los impuestos” son las dos únicas verdades que podemos esperar. Las Escrituras Hebreas y Cristianas testifican de igual forma la realidad de la muerte. Si revisamos las Escrituras que promueven la vida (más abajo), encontraremos otras tantas que se refieran a la muerte. El testimonio de la inmortalidad del alma humana en el Eclesiastés 3:11 se suaviza con un pasaje posterior donde el autor describe el proceso de envejecimiento que nos conduce al fin de la vida (Eclesiastés 12:1-7). Poco después de la afirmación de la vida de Jesucristo en Juan 10:10 (ver más abajo), afirma claramente que existe vida eterna después de esta (Juan 14:1-4). El Papa Juan Pablo II afirma el significado profundo de la vida terrenal, que la vida humana excede del plano temporal ya que está estrechamente ligada a la de Dios [3]. Drane nos recuerda que, a pesar de que la vida es considerada “un regalo de Dios, una creación a imagen de Dios, un objeto de la divina providencia”, desde una perspectiva cristiana, la muerte es también ordenada por Dios. Incluso el momento de la muerte y la forma en que morimos es parte del orden divino [8].

La muerte se representa en las Escrituras de forma tanto positiva como negativa, y como límite entre lo humano y lo Divino. La vívida descripción de la muerte que nos ofrece Clowney demuestra que es algo que no debemos tomarnos a la ligera:

La brevedad de la vida humana contrasta terriblemente con la eternidad de Dios... la sombra de la muerte planea sobre nosotros y nos eclipsa la luz del sol de hoy con la oscuridad del mañana [9].

La muerte nos recuerda que dependemos de Dios para existir (cf. Leyes 17:28), y según Barth constituye los límites entre Dios y la humanidad [10]. Aunque el autor del Salmo 116 comience dando gracias a Dios por extender su vida, más adelante declara que la muerte de los hombres de Dios puede ser muy “valiosa” desde el punto de vista del Señor.

Estas Escrituras nos conducen al concepto bioético del fin de la vida, de una “buena muerte” (según el sentido original y literal de “eutanasia”). Los autores de un libro llamado *Dying Well* describen una buena muerte en términos ideales,

... acabar mis días a edad avanzada, sin dolores, rodeado de amigos y familiares, atendido por cuidadores sensibles, en paz con todos... en paz con Dios [11].

Por supuesto, hay muchas más dinámicas a tener en cuenta, como por ejemplo cuando la muerte llega de forma violenta a una persona joven. De todos modos, si es posible una “buena muerte”, y si la vida eterna es entendida como la existencia más allá de esta, tenemos que enfrentarnos a la pregunta de qué valor puede derivarse de la extensión física de la vida y de los esfuerzos para eliminar la muerte.

Por último, tendremos en cuenta los comentarios y análisis de Daniel Callahan y James Drane que nos acercan al reto de conquistar la muerte [12]. Callahan nos indica que a pesar de que “la muerte es tratada como un mal en sí misma, sin rasgos de redención (excepto como recompensa del dolor)”, y que esa guerra es tomada como imperativo, sin embargo es un concepto relativamente moderno (de tiempos de Descartes y Bacon). Añade que hay algunos problemas con esta guerra, como cuando un paciente terminal prolonga su sufrimiento acudiendo a un centro asistencial siendo ya tarde en el proceso de muerte. Los avances tecnológicos también pueden ser tan triviales como benditos, cuando asumimos que “siempre se podría haber hecho algo más” por los pacientes moribundos. También sugiere que demasiado a menudo, en estas situaciones, por desgracia el personal médico ignora los últimos deseos del paciente.

Callahan dice que “temer y resistirse a la muerte podría ser una respuesta perfectamente sensata excepto por el hecho de que no acierta a la hora de buscar el *significado* (las itálicas son mías) de la muerte”. Asimismo, no encaja con la calidad de vida. Por ejemplo, Callahan no puede aceptar la idea de que ampliar la vida podría ofrecer una garantía de libertad absoluta respecto del aburrimiento y otros problemas asociados con el envejecimiento. Drane nos recuerda que hay otro problema asociado a la vejez, que es la depresión, y que prolongar la vida y batallar contra la enfermedad no ha resuelto el problema de la falta de sentido para los ancianos. Además, dice que ignorar la muerte en la ancianidad tiende a exacerbar los propios problemas. Incluso si fuéramos capaces de ignorar la muerte durante un tiempo, esta puede aparecer de forma repentina e inesperada [8].

Tanto Callahan como Drane están de acuerdo en que a pesar de los esfuerzos por evitar la muerte involuntaria, la muerte siempre tiene la última palabra.

Esta conclusión está de acuerdo con la teología judeo-cristiana y la ética. Para Callahan, a pesar de las victorias en la guerra contra la muerte, la gente sigue muriendo. También los comentarios de Drane al respecto así lo indican:

Al margen de toda experiencia de envejecimiento se encuentra la creciente presión de la realidad de la muerte. Muchas de las actividades para jubilados en la cultura norteamericana se basan en distracciones e incluso negaciones de esta realidad. La muerte en Estados Unidos se trata a menudo como un tema tabú. Antes o después, la muerte y las preguntas acerca de cómo morimos han de ser tenidas en cuenta. El envejecimiento anticipa algo más, y ese algo más es la muerte. La muerte es una parte de la experiencia del envejecimiento que no podemos ignorar, sean cuales sean las peculiaridades culturales del periodo al que nos refiramos [8].

Junto a la realidad de la muerte se encuentran las preguntas dirigidas al modo en que podríamos eliminar la muerte teóricamente. Estas preguntas incluyen si la muerte es susceptible de ser conquistada ya que la hora de la muerte no es fija y llega a personas diferentes en momentos diferentes [12]. Otra sugerencia es ver la muerte como una serie de males potencialmente evitables que pueden ser conquistados por la ciencia eliminando un mal de cada vez [13]. En vista de las abrumadoras pruebas históricas que tienen en cuenta la realidad de la muerte, ninguna de esas teorías resulta convincente.

## CONCLUSIÓN Y PROPUESTAS

El objetivo de eliminar la muerte involuntaria se apoya tanto en la teología judeo-cristiana como en los principios éticos que se basan en dicha teoría. Las Escrituras apoyan y promueven la vida, incluso la vida eterna, y ven la inmortalidad como una existencia que va más allá de la temporal, la terrenal. Las formulaciones éticas modernas que abogan por preservar la vida también reconocen la realidad de la muerte. La calidad de la vida, así como la búsqueda de un significado en una edad avanzada y los problemas de aburrimiento y depresión necesitan incluirse en la búsqueda de la conquista de la muerte y de la vida extendida radicalmente.

Callahan señalaba problemas con el hecho de ver la muerte como un "mal" y con el empleo de recursos y tecnología en la guerra contra la muerte. Uno de sus mayores problemas es saber cómo esta guerra provoca víctimas, especialmente entre enfermos terminales que prolongan su sufrimiento acudiendo demasiado tarde al centro asistencial. Drane dice que ignorar la muerte puede ser problemático para los ancianos que han de enfrentarse a ella de forma repentina e inesperada.

Según todo esto, el abajo firmante querría ofrecer algunas propuestas para que el Institute las considere: en primer lugar, la naturaleza ambiciosa de la misión sugiere una necesidad de mayor investigación en como debería eliminarse a la muerte. Se pueden formular y explorar nuevas teorías. En segundo lugar, la misión podría extenderse hasta incluir tanto la muerte voluntaria como la involuntaria, lo que sería compatible con las proscipciones éticas y teológicas en contra de la muerte prematura o ilícita, pasando por el suicidio, el suicidio asistido, la eutanasia, etc. En tercer lugar, ya que podría parecer que es más alcanzable el esfuerzo por extender radicalmente la vida que conquistar la muerte, ¿por qué no emplear la mayor parte del tiempo, energía y recursos a tal fin? Y en cuarto lugar, teniendo en cuenta la calidad de vida durante el proceso de envejecimiento, podríamos sugerir al Institute que busque la forma de mitigar o solucionar esos problemas.

## REFERENCIAS

- 1) Immortality Institute 2003: Constitution & Bylaws, <http://imminst.org/about/constitution.php>
- 2) Delkeskamp-Hayes, Corrina; "The Price of Being Conciliatory: Remarks about Mellon's Model for Hospital Chaplaincy Work in Multi-Faith Settings" en: *Christian Bioethics* (2003, vol.9, no.1); pág. 71
- 3) Papa Juan Pablo II; "The Gospel of Life" en: *Last Rights? Assisted Suicide and Euthanasia Debated* (1998), Eerdmans; pág.223–
- 4) El Papa Juan Pablo II describe esto como un "nuevo clima cultural" caracterizado por los ataques contra la vida por la visión corrupta de los derechos individuales y la promulgación de leyes que se desvían de la ley constitucional basada en la asistencia de sistemas de cuidados. (Ver nota final 4, pág.226.)
- 5) Singer, Peter, 1998, "Rethinking Life and Death: A New Ethical Approach" (Ver nota final 4, pág.171–)
- 6) Kevorkian, Jack, 1998, "A Fail-Safe Model for Justifiable Medically Assisted Suicide", (Ver nota final 4, pág.263–)
- 7) Editorial; "Death by Default" en *Christianity Today* (5 February 2001), pág. 26–
- 8) Drane, James F.; *More Humane Medicine: A Liberal Catholic Bioethics* (2003) Attenborough

- 9) Clowney, Edmund; "Jesus Christ and the Lostness of Man" en: *Jesus Christ: Lord of the Universe, Hope of the World* (1974), InterVarsity Press; pág. 53-
- 10) Barth, Karl; *The Epistle to the Romans* (1933; reimpresión de 1976, 6ª edición), Oxford
- 11) Vaux, Kenneth L., & Vaux, Sara A.; *Dying Well* (1996) Abingdon
- 12) Callahan, Daniel; *Is Research a Moral Obligation?* (2003); [http://www.bioethics.gov/background/callahan\\_paper.html](http://www.bioethics.gov/background/callahan_paper.html)
- 13) Haseltine, William, en Fisher, Lawrence M.; "The Race to Cash in on the Genetic Code" en: *The New York Times* (29 agosto 1999), sección 3, pág. 1

## SUPERLONGEVIDAD SIN SUPERPOBLACIÓN

DR. MAX MORE

Los defensores de la superlongevidad (expectativa de vida extendida indefinidamente) han venido exponiendo durante décadas sus argumentos en favor de la posibilidad y el deseo de cambiar las condiciones de vida humana. Y durante todo ese tiempo, los que luchan por la superlongevidad han hecho uso de dos o tres argumentos implacables e inamovibles. La cuestión “¿qué haríamos con tanto tiempo?” es uno de ellos. El otro es afirmar que “¡la muerte es algo natural!”, y la respuesta final y predecible es evocar el espectro de la superpoblación. A pesar de la fuerte tendencia a la baja en el crecimiento de la población desde que este asunto empezó a ganar importancia allá por los años 60 del siglo pasado, esta última idea se sigue manteniendo a modo de impedimento.

El bestseller de 1968, *The Population Bomb* [1] de Paul Ehrlich, prendió la mecha de una tendencia en la que los alarmistas ignoraron de forma rutinaria los datos y proyectos razonables con el único fin de asustar al público. Aquellos de nosotros que vemos la extensión indefinida de la expectativa de vida como objetivo principal encontramos, lógicamente, este comportamiento un tanto irritante. Si los miedos infundados nos vencen, vamos a obtener muy poco a partir de los programas de ejercicios, nutrición o suplementación. El miedo generalizado conduce a una legislación restrictiva –una legislación que en este caso puede ser mortal. Aunque el volumen de población ha descendido ligeramente, la idea sigue resonando y merece una respuesta. El objetivo de este ensayo es dirigir las implicancias esenciales, proporcionar hechos actuales y disipar los errores generados por la preocupación de la superpoblación.

### PRIMERO, LOS VALORES

Tal y como mostraré, tenemos muy poco que temer al crecimiento de la población, tanto si extendemos la vida como si no. Sin embargo, para darle un enfoque ético, supondré por un momento que el crecimiento de la población es, o será, un serio problema. ¿Nos daría una razón de peso para estar en contra de la extensión de la expectativa de vida?

No, pero oponerse a la extensión de la vida humana, en último caso, aporta un matiz de implicancias éticas que se añade a los problemas ya existentes. Suponga que es usted un médico que trata a un niño enfermo de neumonía. ¿Rehusaría a tratarle porque mejoraría y podría sentirse lo suficientemente bien como para correr y jugar con los demás niños? Por el contrario, nuestra responsabilidad reside en esforzarnos por vivir mucho y de forma saludable, mientras que ayudamos a los demás a hacer lo mismo. Una vez que hemos empezado a trabajar en este objetivo primario, podremos emplear más energías en resolver otros retos. Una vida larga y vital en el ámbito individual se beneficia sin duda de un entorno social y físico saludable. El defensor de la superlongevidad querría ayudar a encontrar soluciones a cualquier problema de la población, pero la muerte no es una forma responsable o saludable de resolver nada.

Además, si tenemos en cuenta la idea de limitar la expectativa de vida como forma de controlar la población, ¿por qué no ser más proactivos? ¿Por qué no reducir drásticamente el acceso a los tratamientos médicos comunes? ¿Por qué no ejecutar a todos aquellos que alcancen la edad de 70 años? Una vez que el objetivo colectivo del crecimiento de la población se incorpora como una de las elecciones individuales primordiales, parece difícil no aceptar esta lógica.

## ¿LO QUE IMPORTA, NO ES CUÁNTO, SINO CUÁNTOS?

Limitar el crecimiento de la población oponiéndonos a la extensión de la vida, no sólo suspende el examen ético, sino también el pragmático, y mantener la tasa de mortalidad alta no es un método eficaz para ralentizar el crecimiento. El crecimiento de la población depende más del número de hijos que tenga cada pareja que del tiempo que viva la gente. En términos matemáticos, una vida más larga no tiene efecto alguno en la tasa de crecimiento exponencial, sólo afecta a una constante de la ecuación. Esto significa que importa poco el tiempo que vivimos una vez que nos hemos reproducido. Comparemos dos sociedades: en el país A la gente vive una media de sólo 40 años y cada familia tiene 5 hijos. En el país B, la esperanza de vida es de 90 años, pero cada pareja sólo tiene 4 hijos. A pesar de la duración de la vida mucho mayor del país B, el crecimiento de la población será mucho más lento que en el país A, y a largo plazo, hay muy poca diferencia una vez que las parejas han tenido descendencia. La tasa de crecimiento de la población viene determinada por el número de hijos que tengamos, no por el período de tiempo que vivamos.

Incluso a corto plazo, el efecto en el alza de la población debido al descenso de la tasa de mortalidad se puede detener por un retraso a la hora de tener hijos. Muchas mujeres en los países desarrollados deciden tener hijos a los treinta y pocos años ya que los obstáculos para un embarazo satisfactorio aumentan a medida que envejecen. Tal y como hemos visto en las últimas décadas, ampliar el período fértil de las mujeres les permitiría posponer más su maternidad, hasta que hayan desarrollado sus carreras. Las parejas no sólo tendrán hijos más tarde, sino que seguramente estarán mejor posicionadas para cuidar de ellos, tanto económica como psicológicamente.

Casi con seguridad, las primeras tecnologías realmente eficaces para extender al máximo la expectativa de vida vendrán acompañadas de un coste significativo de desarrollo humano y aplicaciones. Como consecuencia, los efectos sobre la población se observarán antes en los países desarrollados. Esto nos conduce a otro error en la insinuación de que la longevidad extendida estimulará drásticamente el crecimiento de la población. El hecho es que la superlongevidad en los países desarrollados no tiene prácticamente ningún impacto, ni global, ni local. La ausencia de impacto global es una consecuencia debida al escaso y cada vez menor porcentaje de población de los países desarrollados en la población global. Y realmente no podemos esperar ningún aumento local de población ya que estos países están experimentando un crecimiento muy lento, nulo o incluso negativo:

La parte de la población global que suponen los países desarrollados ha caído del 32% en 1950 hasta el 20% actual y se prevé que llegue al 13% en 2050 [2]. Si nos fijamos sólo en Europa, veremos una reducción aún mayor: en 1950 Europa contaba con el 22% de la población global. En la actualidad esta cifra ha descendido hasta el 13% y se prevé que llegue al 7% en 2050 [3]. Para una mejor comprensión, hemos de tener en cuenta que la población de 749 millones de África es mayor que la de Europa con 729 millones, según los datos revelados por Naciones Unidas. El crecimiento de la población en Europa de tan solo un 0,03%, asegurará que se reduzca rápidamente en relación con África y otras áreas desarrolladas.

En la Europa del Este, la población está descendiendo al 0,2%. Entre hoy y el año 2050, la población de las regiones más desarrolladas no cambiará mucho. Las predicciones muestran que a mitad de siglo, las poblaciones de 39 países serán menores que en la actualidad. Por ejemplo, Japón y Alemania serán un 14% más pequeñas; Italia y Hungría serán un 25% menores; y Rusia, Georgia y Ucrania serán entre el 28 y el 40% más pequeñas [3].

En Estados Unidos, cuya población crece más deprisa que la europea, el tope se resumió en una presentación de S.J. Olshansky al President's Council on Bioethics, quien "hizo algunos cálculos básicos para demostrar qué

ocurriría si nos convirtiéramos en inmortales en la actualidad". El tope es que si alcanzamos la inmortalidad hoy en día, la tasa de crecimiento de la población será menor que la que se observó durante el "baby boom" que siguió a la Segunda Guerra Mundial [4].

Una fertilidad baja implica que las tendencias de la población en las regiones desarrolladas del mundo parezcan incluso más suaves si no fuera por la inmigración. Como se informa en las previsiones de población de las Naciones Unidas (Revision to the UN Population Division) del año 2000, "se espera que las regiones más desarrolladas sigan siendo receptoras de inmigrantes internacionales, con una media de 2 millones al año durante los próximos 50 años. Sin inmigración, la población de las regiones más desarrolladas habría empezado a descender en 2003 y no en 2025, y para el año 2050 sería 126 millones más baja que los 1.180 millones estimados en caso de que las supuestas pautas de migración se mantuvieran estables y continuas".

Con todo esto, los países lo suficientemente afortunados para desarrollar y disponer de soluciones radicales al envejecimiento y a la muerte no tendrían que preocuparse por la superpoblación. En un escenario ideal, los costes de los tratamientos para extender la vida disminuirían rápidamente, y consecuentemente, serían asequibles no sólo en las naciones más ricas. Por tanto, deberíamos estudiar más allá de las naciones desarrolladas y examinar las tendencias globales de la población por si se produjera una variación significativa.

## ESTANCAMIENTO GLOBAL DE LA POBLACIÓN

Ya hemos visto que no hay razón alguna para dudar en prolongar la vida, incluso en el caso de que la población fuera a crecer más deprisa debido a un aumento en las tasas de fertilidad. Pero, ¿tiene tanto que temer el mundo a una explosión de población, con o sin una extensión de la vida? ¿Está creciendo la población de manera descontrolada? La moda pasajera de los libros populares prediciendo esto se inició en la década de 1960, tras el aumento en la población más rápido de la historia de la humanidad. Desde entonces, los países más pobres, por debajo de nosotros en el ciclo de desarrollo, también han experimentado una drástica reducción en el crecimiento de su población. Y esto es así a pesar de la relativa extensión de la vida, es decir, los años extra de vida proporcionados por las intervenciones médicas y nutricionales.

Desde una perspectiva global, los números revelan que la media de crecimiento anual alcanzó su punto álgido entre 1965 y 1970 con un porcenta-

je de crecimiento del 2,07%. Desde entonces, la tasa de aumento ha ido descendiendo, llegando al 1,2% anual de la actualidad. Esto significa un aumento de 77 millones de personas por año, según la población mundial estimada para mediados del año 2000 de 6.100 millones de personas [3].

Tan sólo seis países experimentan la mitad de este crecimiento: India con un 21%, China con un 12%, Pakistán con el 5%, Nigeria y Bangladesh con el 4% cada uno e Indonesia con el 3%. En China se ha reducido considerablemente el número de hijos por mujer en los últimos 50 años, de 6 a 1,8. Partiendo de la misma tasa de natalidad, en India ha bajado mucho menos, aunque casi reduciendo a la mitad la tasa de 3,23%. Si estas tendencias se mantienen hasta 2050, la población de India superará a la de China [5].

A pesar de la fecundidad de estos “productores de gente”, el esquema global es alentador:

La tasa de fertilidad total del mundo cayó casi 2/5 entre 1950 y 1955 y 1990 y 1995, de 5 hijos por mujer a 3,1. La media de fertilidad en las regiones más desarrolladas descendió del 2,8 al 1,7, mientras que en los países menos desarrollados cayeron un 40%, llegando de 6,2 a 3,5 hijos por mujer [6].

Podemos esperar que el crecimiento de la población siga ralentizándose hasta que alcance una cifra estable. Pero, ¿cuál será esa cifra? Nadie lo sabe con certeza pero las predicciones de Naciones Unidas indican que la población puede llegar, como mínimo, hasta los 8.000 millones de personas, con una proyección media de 9.300 millones y un tope de 10.900 millones [2; 7]. Esta proyección media indica que la población global alcanzará su punto álgido hacia el año 2040 y luego empezará a disminuir.

La primera versión de este ensayo la escribí en 1996 y mientras lo revisaba me pareció interesante el hecho de que, hace menos de una década, las previsiones más altas estimaban 12.000 millones de personas o incluso más. Los demógrafos han seguido con su larga tradición de sobreestimar el crecimiento de la población. Parece que este efecto se ha reducido, pero tomando todas estas proyecciones con una sana dosis de escepticismo, especialmente las que implican un período mayor que una generación.

## LAS FUERZAS DE LA DESACELERACIÓN DE LA POBLACIÓN

Entonces, ¿por qué deberíamos esperar que la gente en los países menos desarrollados, e incluso facilitándoles métodos contraceptivos, decidieran tener menos descendencia? Esto no es pura especulación basada en las tendencias recientes. Las condiciones económicas explican esta tendencia

constante y dan sentido al hecho de que las naciones más pobres están empezando a evolucionar en su transición hacia un número más bajo de nacimientos.

La desaceleración en el crecimiento de la población parece ser resultado inevitable del aumento de las riquezas. Muy pronto, en las curvas de crecimiento de un país en vías de desarrollo, los niños pueden ser considerados "productores de bienes", como dirían los economistas. Los padres ponen a sus hijos a trabajar en sus granjas para producir alimento e ingresos. Se dedican muy pocos esfuerzos a cuidar de los niños, sin planes sanitarios, clases particulares, viajes a Disneylandia, juguetes de los X-Men o facturas de teléfono móvil descomunales. A medida que nos volvemos más ricos, los niños se van convirtiendo en "consumidores de bienes". Es decir, los vemos cada vez más como pequeñas personitas que han de divertirse y educarse, no como una carga que ayuda a mantener la unidad de la familia. Gastamos miles de dólares para que nuestros hijos estén sanos, para entretenerlos y educarlos. Preferimos menos hijos, no camadas, y esta preferencia parece estar respaldada por los cambios en los gustos que resultan de una educación cada vez mejor. Los ingresos, como contrapunto a la ecuación que supone tener más hijos, han inclinado la balanza en favor del hecho de tener menos hijos a medida que la población se vuelve más urbanizada. Es más caro tener hijos en la ciudad y produce menos ingresos que en el campo.

Pero la fertilidad desciende también por otra razón: a medida que los países más pobres se van enriqueciendo, la mortalidad infantil desciende como resultado de las mejoras en nutrición, sanidad y cuidados médicos. Incluso se puede producir un descenso en la mortalidad infantil sin que aumenten los ingresos. La gente en los países más pobres no es estúpida; también ellos planean la maternidad para reflejar las condiciones de cambio. Cuando las tasas de mortalidad infantil son altas, las investigaciones han demostrado que las familias tienen más hijos para asegurarse el tamaño de la familia. Tienen más hijos para compensar las muertes, y en ocasiones tienen hijos "adicionales" para anticiparse a futuras muertes. Estas familias reducen la tasa de fertilidad cuando se dan cuenta de que se necesitan menos nacimientos para alcanzar el tamaño de familia deseado. Y dado los incentivos para tener menos hijos según va creciendo la riqueza y la urbanización, la reducción de mortalidad lleva a las familias a reducir su tamaño.

La política económica proporciona ayudas a los nacimientos. Muchos de los que han censurado el crecimiento de la población han apoyado también estas políticas de incentivos de nacimientos. Es más, incentivan los nacimientos entre aquellos menos capaces de criar y educar correctamente a sus hijos. Si queremos alentar a la gente a tener más hijos, deberíamos

hacer que fuera más económico tenerlos. Si queremos desanimarlos o al menos refrenar su aumento, lo que hay que hacer es dejar de subvencionarlo. Las subvenciones incluyen educación gratuita (pero gratuita para los padres, no para los contribuyentes), cuidados médicos gratuitos y prestaciones sociales adicionales para las mujeres por cada hijo. Si los padres han de afrontar personalmente los costes de tener hijos, en lugar de hacer que todos paguen por ello, lo que harán será tener el número justo de hijos que puedan mantener.

Aún más, si existiera un problema de población en algunos países, extender la expectativa de vida no empeoraría el problema más que el hecho de mejorar la seguridad de los automóviles, de los trabajadores, o de reducir el crimen. ¿Quién querría mantener esa amenaza de muerte para combatir el crecimiento de la población? Si queremos que la población crezca más despacio, debemos centrarnos en reducir los nacimientos, financiar programas de contracepción y planificación familiar en los países más pobres. Esto ayudará al desarrollo natural de las parejas a la hora de tener menos hijos. Las parejas serán capaces de tener menos hijos por propia elección, no por accidente. Y las mujeres, incluso se animarán a entrar en el mundo moderno, con la posibilidad de desarrollar vocaciones diferentes al mero aumento de la natalidad.

## LA “SUPERPOBLACIÓN” NOS DISTRAE DE LOS VERDADEROS PROBLEMAS

Posteriores revisiones en el crecimiento de la población, estimaciones y proyectos de Naciones Unidas en cuanto a demografía global desde 1950, han reducido drásticamente la credibilidad de cualquier argumento basado en la superpoblación en contra de la extensión de la vida. Además, podemos entender mejor los problemas reales relacionados con la superpoblación en lugar de hablar de pobreza. La pobreza, a su vez, no es resultado de que exista mucha gente, sino, de otros muchos factores que incluyen el mal funcionamiento de los gobiernos, las guerras y la escasa seguridad de los derechos de la propiedad.

Tal y como señala Bjorn Lomborg, muchos de los países más densamente poblados están en Europa. La región con la mayor densidad de población, el sudeste asiático, tiene casi el mismo número de personas por metro cuadrado que el Reino Unido. Aunque India tiene una población mayor y en aumento, la densidad de población está por debajo de la de Holanda, Bélgica o Japón. Lomborg también señala que Ohio y Dinamarca tienen una densidad de población mayor que Indonesia [3].

También, deberíamos asumir que el mayor crecimiento de la población se da en áreas urbanas, que proporcionan un mejor nivel de vida. Como resultado, la masa continental del planeta no estará más poblada de lo que está hoy en día; en las próximas tres décadas podemos esperar que no se produzcan cambios en la población rural, y en el año 2025, el 97% de Europa estará menos poblada de lo que lo está en la actualidad [8]. Y deberíamos alegrarnos de que incluso en las zonas urbanas, los pobres prosperen más que en el campo. Las causas son la mejora en los suministros de agua, de los tratamientos de las aguas residuales, de los servicios sanitarios, de la educación y de la alimentación [9]. Por extraño que parezca, las enfermedades infecciosas graves como la malaria suponen una menor amenaza, allá donde los edificios están muy cerca unos de otros, siendo las zonas pantanosas las preferidas de moscas y mosquitos [10].

## LA SOSTENIBILIDAD Y LA GRAN RESTAURACIÓN

El futuro podría ser más brillante de lo que nos han descrito los ecologistas. Como dice Ronald Bailey [11]:

Jesee Ausubel, director del Program for the Human Environment de la Rockefeller University, cree que en el siglo XXI veremos el comienzo de una "Gran Restauración" como resultado del aumento de las actividades productivas de la humanidad que nada tienen que ver con el mundo natural.

Si los granjeros del mundo llegan a alcanzar el rendimiento tipo de los sembradores de maíz de Estados Unidos, podrían comer 10.000 millones de personas con la mitad de la cosecha de maíz. Este es sólo uno de los métodos, en que los avances tecnológicos en horticultura permitirán, que gran parte de la tierra dedicada a siembra, vuelva a ser terreno natural sin cultivar. Los cultivos transgénicos también podrían multiplicar los niveles de producción, a la vez que resolverían algunos problemas importantes en cuanto al medio ambiente [12].

Las visiones que enfatizan el ingenio humano y la oportunidad, poseen un registro histórico más impresionante que aquellas que enfatizan la pasividad y la impotencia. Paul Ehrlich es el típico caso representativo de estos últimos y sólo hay que echar un vistazo a uno de sus libros oscuros y alarmistas para darse cuenta del mal que han hecho sus predicciones. En un artículo de 1969, Ehrlich predijo que la vida marina moriría por contaminación de DDT en 1979 y eso nos dejaría sin pescado; que en 1973 morirían 200.000

personas en Nueva York y Los Ángeles a causa de una nube tóxica; que la esperanza de vida en Estados Unidos se reduciría hasta los 42 años en 1980 por la avalancha de enfermos de cáncer debido al uso de pesticidas, y que en 1999 la población de Estados Unidos se quedaría en 22,6 millones [13]. Ehrlich perdió estrepitosamente una apuesta de diez años contra el economista Julian Simon (y se negó a apostar de nuevo) [14]. En 1974 Ehrlich recomendó que se almacenaran latas de atún en conserva porque Estados Unidos haría recortes en los suministros de proteínas... y mucho más.

Bailey [13], al contrario que Ehrlich, explica:

En su lugar, y según Naciones Unidas, la producción agrícola en el mundo desarrollado ha aumentado un 52% por persona desde 1961. El consumo diario de alimentos en los países pobres ha aumentado de 1.932 calorías, apenas lo justo para sobrevivir, en 1961 a 2.650 calorías en el año 1998, y se espera que llegue a las 3.020 calorías en el año 2030. Del mismo modo, la proporción de gente que muere de hambre en los países en vías de desarrollo ha caído del 45% en 1949 al 18% actual, y se espera que baje aun más hasta el 12% en 2010, para que se estabilice en tan sólo un 6% en 2030. En otras palabras, el alimento no escasea, sino que es cada vez más abundante, y eso se refleja en su precio: desde 1800 los precios en alimentación han descendido en más de un 90%, y según el Banco Mundial, en el año 2000 los precios fueron "más bajos que nunca".

Un vistazo rápido a la historia económica y social, nos deja una cosa muy clara: a lo largo de toda la historia, la gente ya ha conceptualizado la superpoblación. Incluso el gran científico social del siglo XIX, W. Stanley Jevons, afirmó en 1865 que la expansión industrial de Inglaterra cesaría pronto debido al agotamiento de las reservas de carbón del país [15]. Sin embargo, a mayor escasez, mayor precio. El beneficio motivaba a los empresarios para buscar nuevos recursos, desarrollar mejor tecnología para encontrar y extraer carbón y transportarlo a donde fuera preciso. La crisis nunca se produjo. Hoy, Estados Unidos ha comprobado que las reservas son suficientes para los próximos cientos o incluso miles de años [16]. Si un recurso empieza a agotarse, subir su precio forzaría un cambio en busca de alternativas. Ni siquiera una población muy amplia puede esperar agotar las reservas de energía (la energía solar, la energía nuclear procedente de la fisión, y pronto de la fusión, son prácticamente inagotables). Mientras que contemos con energía abundante, podremos producir recursos que los sustituyan, e incluso generar más de los existentes, incluyendo alimentos. Aún cuando se diera el caso de que la población creciera mucho más de lo que muestran las previsiones más elevadas, es seguro que la inteligencia humana y la tecnología serían totalmente capaces de cuadrar las cuentas.

La inteligencia humana, la nueva tecnología y la economía de mercado permitirán al planeta soportar varias veces la población actual de 6.200 millones de personas; podría soportar muchas más vidas humanas de las que probablemente veremos dado la tendencia a la baja de la tasa de natalidad. Muchos países, incluido Estados Unidos, presentan baja densidad de población. Si la población de Estados Unidos fuera tan densa como en Japón (seguramente el lugar más poblado), sería de 3.500 millones, en lugar de los 265 millones que tiene. Si Estados Unidos tuviera una densidad de población igual a la de Singapur, serían casi 35.000 millones de personas, casi siete veces el número total de la población mundial. Las nuevas tecnologías, desde las simples mejoras en irrigación y administración hasta los avances actuales en ingeniería genética, deberían seguir mejorando la producción mundial de alimentos. Muere menos gente de hambre, a pesar de existir una mayor población. Esto no significa que se sientan satisfechos; millones de ellos aún pasan hambre o son susceptibles de sufrir interrupciones en el suministro de alimentos. Necesitamos eliminar las barreras del mercado, abolir la política de control de precios en agricultura (que no anima ni a seguir produciendo ni a invertir), y presionar a los gobiernos que estén inmersos en guerras y colectivización para que modifiquen su forma de actuar.

## LA POLUCIÓN

Tampoco debemos esperar que la polución empeore si la población aumenta. Al contrario de la creencia popular, la polución en los países más desarrollados ha ido descendiendo durante décadas. Los niveles de plomo en Estados Unidos han descendido radicalmente. Desde 1960, los niveles de dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono y compuestos orgánicos han bajado a pesar del aumento de la población. La calidad del aire en las áreas urbanas sigue mejorando, y los Grandes Lagos están recuperando sus niveles de pureza [17]. Esto no es casual. A medida que nos enriquecemos, tenemos más dinero para invertir en un entorno más limpio. Si uno necesita alimento, refugio y otros bienes básicos, no se detiene a pensar en el medio ambiente. Desde que existen mecanismos que permiten limpiar y purificar el aire y el agua y espacio para recrearnos, podemos esperar que siga sucediendo así.

Lo más eficaz para estimular cambios positivos son los mercados, es decir, que los indicadores de precios sean un incentivo para moverse en la dirección adecuada. Si todos los que contaminan tienen que pagar por lo que

producen, ya que su actividad se inmiscuye en los derechos de los demás, buscarán formas de hacer las cosas reduciendo los niveles de contaminación. Los problemas de contaminación existen, y muchos de ellos pueden deberse a un error en el cumplimiento de los derechos de la propiedad privada, por lo que esos recursos se tratan como bienes gratuitos que no necesitan administración. La pesca en aguas sin dueño conocido es un ejemplo de ello. Otro es la desertificación de terrenos cuya propiedad ostentan varias personas o el gobierno en África. Podemos estar relativamente seguros de que la tendencia a la baja de la contaminación seguirá siendo igual, aún con una población mayor. De todos modos, la autocomplacencia está fuera de lugar. Deberíamos presionar para que la administración de los recursos se hiciera de forma responsable, privatizando los recursos comunes para crear incentivos que aseguraran su gestión y renovación.

Mientras que se permita la libertad en la generación de riquezas y tecnología, podemos esperar que la polución siga disminuyendo. El reciclaje más eficaz, los procesos de producción que generen menos residuos y una mejora en la monitorización y detección de agentes contaminantes, junto con incentivos económicos para garantizar que cada productor se responsabilice de sus emisiones, nos permitirían seguir mejorando el medio ambiente, a pesar de que la población siguiera creciendo. Suponiendo que lográramos el control absoluto al nivel molecular, como esperan los nanotecnólogos, obtendríamos las claves para producir sin contaminar. Otro efecto de la manufactura molecular será la desaparición de gran parte de la maquinaria a gran escala. Cada vez se necesitará menos espacio para la maquinaria de fabricación, lo que dejará más espacio para las personas. Es más, alguna de esa maquinaria se enviará al Espacio. El resultado de estos y otros cambios (algunos de los cuales ya están en proyecto) liberarán a la Tierra de objetos y maquinaria prescindible, aunque anteriormente necesaria.

El tema de la población tiene implicancias objetivas, económicas y éticas. Animo al lector interesado a examinar las fuentes citadas en el apartado de referencias, en especial los ensayos de Jesee Ausubel [18] y los libros de Bailey, Lomborg y Simon [3; 19; 20-25]. Tan sólo he esbozado unas líneas de pensamiento que muestran que estamos terriblemente equivocados al no apoyar la extensión de la vida por temor a la superpoblación. Avancemos hacia ello; una vez que hayamos vencido al envejecimiento esperaremos otras amenazas para nuestras vidas, como la guerra o la violencia, que serían cada vez menos aceptables. Podemos apreciar que en las sociedades donde la población presenta índices de edad elevados, se vive mejor que en las generaciones anteriores, y no sólo por el bienestar económico, sino también por la seguridad y la salud.

## REFERENCIAS

- 1) Ehrlich, Paul R; *The Population Bomb* (1968); Sierra Club-Ballantine
- 2) World Population Prospects: *The 2000 Revision* (2001a); United Nations Publications
- 3) Lomborg, Bjorn; *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World* (2001); Cambridge University Press
- 4) Olshansky, SJ; "Duration of Life: Is There a Biological Warranty Period?" en: *The President's Council on Bioethics* (2002) Washington, DC <http://www.bioethics.gov/transcripts/deco2/session2.html>
- 5) World Population Prospects: *The 2000 Revision, Additional Data* (2001c); United Nations Publications
- 6) Eberstadt, Nicholas; "Population, Food, and Income: Global Trends in the Twentieth Century" en: *Bailey* (1995)
- 7) World Population Prospects: *The 2000 Revision, Annex Tables* (2001b); United Nations Publications
- 8) World Urbanization Prospects: *The 1996 Revision* (1998); United Nations Publications
- 9) The Progress of Nations (1997) UNICEF <http://www.unicef.org/pong7/>
- 10) Miller, Jr. Tyler G; *Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions* (1998); Wadsworth Publishing Company
- 11) Bailey, Ronald; "The End Is Nigh, Again" en: *Reason* (2002); 26 de junio
- 12) Rauch, Jonathan; "Will Frankenfood Save the Planet?" en: *The Atlantic Monthly* (2003); Octubre
- 13) Bailey, Ronald; *Eco-Scam* (1993); St. Martin's Press
- 14) [http://www.overpopulation.com/faq/People/julian\\_simon.html](http://www.overpopulation.com/faq/People/julian_simon.html)
- 15) Jevons S; *The Coal Question: An inquiry concerning the progress of the nation and the probable exhaustion of our coal mines* (1865); Kelley Publishers
- 16) <http://www.eia.doe.gov/>
- 17) Taylor, B et al. "Water Quality and the Great Lakes" en: *Michigan's Opportunities and Challenges: Msu Faculty Perspectives*, Michigan in Brief: 2002–03. Public Sector Consultants, Inc.
- 18) Ausubel, Jesse; "The Great Restoration of Nature: Why and How" en: *Challenges of a Changing Earth* (2002); pág.175–182 // *Proceedings of*

*the Global Change Open Science Conference*, Amsterdam, Netherlands (2001, 10–13 July) editado por

Steffen, W & Jaeger, J & Carson, DJ & Bradshaw C; Springer <http://phe.rockefeller.edu/sthubert/hubert.pdf> // Ausubel, Jesse; "Where is Energy Going?" en: *The Industrial Physicist* (2000); <http://phe.rockefeller.edu/IndustrialPhysicistWhere/where.pdf>

- 19) *The True State of the Planet* (1995); editado por Bailey, Ronald; The Free Press
- 20) Simon, Julian L; "Resources, Population, Environment: An Over-Supply of False Bad News" en: *Science* (1980, Vol. 280); pág.1431–1437
- 21) Simon, Julian L; *The Ultimate Resource* (1981); Princeton University Press
- 22) Simon, Julian L; "Forecasting the Long-Term Trend of Raw Material Availability," en: *International Journal of Forecasting* (1985, Vol. 1); pág.85–109
- 23) Simon, Julian L; *Population Matters* (1990); N.J.: Transaction
- 24) Simon, Julian L; "Bunkrapt: The Abstractions that lead to scares about resources and population growth," en: *Extropy* (1993, Vol. 11); Verano/otoño 1993, pág.34–41
- 25) *The Resourceful Earth* (1984); editado por Simon, Julian L & Kahn, Herman; Basil Blackwell, Inc.

## EMANCIPARSE DE LA MUERTE

MIKE TREDER

En el tiempo que a usted le lleva leer esta frase morirán al menos 10 personas, algunas de ellas niños que carecen de ayuda, y otros en medio de unos dolores terribles. Cada día mueren 24.000 personas a causa del hambre, 6.000 niños por diarrea, 2.700 a consecuencia del sarampión y 1.400 mujeres durante el parto [1].

Esto es, hoy morirán más de 150.000 personas; algunos serán ancianos, desde luego, pero, ¿por qué debería eso ser una sentencia de muerte? O lo que es peor, decenas de miles de adultos jóvenes y niños morirán mañana (y pasado, y al otro) de enfermedades para las que existen tratamientos pero que simplemente no están a su alcance. ¿Hemos de aceptar este horror diario? ¿Es realmente necesario? Creo que ya va siendo hora de empezar a luchar contra ello, sin embargo, la buena noticia es que ya lo estamos haciendo.

Cada día se dan pasos importantes para derrotar a la enfermedad y reducir el sufrimiento. Es más, se trabaja duro para entender el proceso del envejecimiento y así poder eliminarlo. Tal y como dice Robert Ettinger, "nacer no es un crimen, así que, ¿por qué cargar con una sentencia de muerte?" [2]. En los tribunales de apelación de la ciencia y la tecnología, la ejecución sumaria de todos los seres humanos pronto será revocada, y con suerte antes de que muramos.

### ALTERAR EL ORDEN "NATURAL"

Algunos dirían que "eso es ser demasiado arrogante, porque la muerte es algo natural y no debemos jugar a ser Dios" [3]. Ya desde que el primer ser humano se vistió con una piel de animal, hemos hecho uso de los recursos naturales y de nuestra creatividad para mejorar las condiciones de seguridad, comodidad y eficacia; desde el taparrabos hasta los trajes modernos, pasando por la toga; desde las bifocales de Benjamin Franklin a las lentes de contacto y la cirugía láser ocular.

El marketing moderno nos vende productos como "naturales", pero ¿qué es natural y qué no lo es? Según la definición más exacta, todo lo que suce-

de en el mundo, ya sea artificial o no, es natural, ya que el hombre es parte de la naturaleza y todo lo que sale de sus manos o de su maquinaria es, por tanto, una parte de la naturaleza. Sin embargo, este no es el significado de "natural" que la mayoría esperaba. Más bien se refiere a productos, hechos y acontecimientos que no han sido creados o provocados por humanos. Así, la leche sería clasificada como un producto natural y no lo sería una bebida a base de leche y zumo de frutas (ni que decir tiene que la leche que compramos envasada en los supermercados ha sido sometida a procesos de pasteurización, homogeneización, y además enriquecida con vitaminas). Surgen debates menos triviales sobre el término "natural" cuando hablamos de las mejoras que podrían hacerse en los seres humanos, en especial cuando nos referimos a derrotar a la muerte. Resulta interesante ver que muchas otras medidas científicas para mejorar la condición humana fueron inicialmente rechazadas por muchos, por ser consideradas no naturales e intolerables, para ser aceptadas universalmente más tarde. Podríamos citar como ejemplos, la anestesia, las transfusiones de sangre, las vacunas, las píldoras anticonceptivas o los trasplantes de órganos. Si tenemos en cuenta cómo sería el mundo sin estas y otros cientos de mejoras, no podríamos decir que se ajustara realmente a la definición popular de "natural".

La caída de los dientes es natural, ¿se debería ilegalizar la odontología? La polio es natural, ¿prohibimos la vacuna Sabin? El cólera es natural, ¿dejamos que las epidemias nos ataquen sin combatirlas? La muerte es natural, ¿dejamos que siga causando estragos? Está claro que esto es una estupidez. Desde luego, debemos usar todos los recursos disponibles para mejorar la vida humana. Lo hemos estado haciendo durante años con el fuego, los cultivos, el vapor, la electricidad, los antibióticos, las vacunas, las prótesis dentales, los trasplantes de órganos, etc. Y no deberíamos detenernos ahora. Si la ciencia moderna y la tecnología pueden mejorar la condición humana, sobrepasando los límites naturales (incluyendo el envejecimiento y la muerte), deberían usarse para tal fin. Determinar que algo es bueno o malo, simplemente preguntando si es natural o no, es algo que se sale de los límites del sentido común.

Todo esto no significa que debamos ignorar los retos morales y éticos que se nos presentan. Las cuestiones de seguridad, propiedad, elección individual y responsabilidad social, no deberían descartarse, sino que tendríamos que hablar seriamente de ellas. En cuanto a la superpoblación, los derechos a la reproducción, la distribución de los recursos y el impacto ambiental, deberíamos enfrentarnos a estos problemas inmediatamente. De todos modos, esto sólo puede llevarse a cabo en un clima de pensamiento abierto y progresista.

## EMANCIPARSE DE LA MUERTE

Para todos aquellos que aún creen que enfrentarse a la muerte es algo erróneo o no natural, les ruego que recuerden que la oposición a la esclavitud también se consideró una propuesta descabellada y peligrosa. Arthur C. Clarke escribe:

Toda idea revolucionaria provoca tres estados de reacción: en primer lugar la gente dice "eso es completamente imposible". Luego dicen "tal vez sea posible, pero va a costar mucho". Por último, afirman que "siempre me pareció una buena idea" [4].

Esta divertida observación de Clarke es la pura realidad. Siguiendo con la analogía de la esclavitud, pensemos que a lo largo de toda la historia (y sin duda de la prehistoria) ha sido algo normal que algunos humanos poseyeran a otros [5]. El cambio hacia el reconocimiento de la libertad como un derecho humano fundamental es relativamente reciente. Mientras se estaba redactando el borrador de la Constitución de Estados Unidos, sus artífices discutían cómo tratar el llamado "tema de la esclavitud". Recordemos que en esos momentos casi todos los países, sobre todo en la Europa Occidental, ya habían abolido esta práctica. Pese a que un amplio número de líderes norteamericanos estaban totalmente en contra de la esclavitud, se creía que eliminarla por completo era "totalmente imposible" [6]. A medida que la historia de Estados Unidos avanzaba y la oposición a la esclavitud crecía, el debate pasó a ser más práctico. Se decía "tal vez sea posible hacerlo pero va a costar mucho". Unas pocas generaciones después de una guerra civil sangrienta, destructiva y dolorosa, los descendientes de aquellos que una vez tuvieron esclavos dirían que "siempre creímos que era una buena idea". Con el paso del tiempo no nos veremos esclavizados por la muerte y reconoceremos que es algo valiente, honesto y humano.

Tanto la biotecnología como la nanomedicina prometen liberarnos de por vida de enfermedades, males y discapacidades físicas, siempre jóvenes y vigorosos; sin ataduras para poder hacer lo que queramos con nuestras vidas, libres de enfermedades y de la precariedad física.

Además de la obvia aspiración de una vida sin muerte, podemos imaginar muchos otros modos de extender nuestra vida. Por ejemplo, transfiriendo nuestra personalidad a un robot virtualmente indestructible. Esto sería posible trasladando el cerebro de nuestro débil y vulnerable cuerpo al de un robot o, más probablemente, creando copias digitales de nuestro cerebro y descargando toda la información en el robot. Este método tiene la ventaja de que puede conservar una copia de seguridad de nuestra personalidad

en caso de que se diera la remota posibilidad de que alguna catástrofe destruyera nuestro cuerpo robotizado. Realmente esto nos haría inmortales ya que nos permitiría guardar copias de nosotros mismos en cualquier lugar del sistema solar, en la galaxia o incluso más lejos.

## SIMULAR LA INMORTALIDAD

Parece una broma cruel y abominable que la naturaleza encarcele una creación tan exquisitamente maravillosa como el cerebro en una estructura tan débil, ineficiente, frágil y fugaz como es el cuerpo humano. El cuerpo humano puede ser muy bello pero es inaceptablemente efímero.

El cuerpo que habitamos ahora, por sorprendente que pueda ser, no es producto del diseño inteligente. No se creó con ningún otro propósito que la supervivencia y la reproducción. Estamos condicionados por fuerzas sociales y biológicas que favorecen la apariencia de la forma humana, y estamos condicionados también a sentirnos atraídos por su contorno y perfil. Hay una reacción natural, aunque no sea necesariamente racional, que nos empuja a rechazar cualquier desviación sustancial del modelo estándar, y es por eso que la mayoría de nosotros nos sentimos incómodos (al menos interiormente) cuando vemos a una persona con el rostro desfigurado o a quien le falta alguno de sus miembros. Esto también explica porqué muchas personas rechazan el mero pensamiento de reemplazar el cuerpo humano natural por otro creado y diseñado artificialmente.

Así que, ¿por qué no? El cuerpo que nos dio la naturaleza es el resultado de millones de años de cambios sin rumbo ni dirección; es el producto de un proceso tortuoso, molesto, lento y estúpido llamado evolución. No fue diseñado para obtener de él un beneficio y disfrute óptimos; en realidad, es tal como es, básicamente, por accidente. La naturaleza, dentro de unos límites, seguiría experimentando a ciegas con nosotros, y siguiendo las pautas aleatorias de la mutación genética, nuestros cuerpos evolucionarían lentamente, convirtiéndose gradualmente en algo distinto.

En contraposición, los humanos somos criaturas altamente inteligentes y hemos alcanzado un punto en que podemos tener el futuro del desarrollo del cuerpo al alcance de la mano. Con nuestras propias mentes y con las maravillosas herramientas con las que disponemos, podemos dar una (o varias) nueva forma al cuerpo, y podemos diseñarlo para ajustarse a nuestros propósitos y preferencias.

En el pasado, los ingenieros que desarrollaban nuevos prototipos de aviones, automóviles o transatlánticos, tenían que crear modelos a escala, para

luego poder evaluar la representación de los prototipos en túneles de viento u otros métodos de comprobación. Los ingenieros actuales encuentran más fácil, barato y eficaz realizar las mismas pruebas en entornos simulados. Por medio de potentes ordenadores y programas informáticos muy sofisticados, pueden saber con precisión cómo funcionarán sus creaciones bajo una gran variedad de circunstancias.

Con el objeto de experimentar los nuevos diseños posibles para nuestro cuerpo "posthumano", probablemente podremos hacer lo mismo. En lugar de enfrentarnos al problema de crear un nuevo cuerpo, molécula a molécula, y luego determinar si es satisfactorio, podríamos crear una simulación en un entorno de realidad virtual y probarlo. La excitante diferencia será que no estaremos limitados a observar la simulación como hacen hoy en día los ingenieros, sino que podremos habitar ese cuerpo virtual y saber de primera mano cómo reacciona, actúa y siente.

El siguiente paso es obvio; si la simulación es suficientemente potente, la experiencia de ocupar el cuerpo simulado será indistinguible de la realidad física convencional; será virtualmente lo mismo (de ahí el nombre de "realidad virtual"). Y entonces, ¿por qué no vivir ahí? Suponiendo que se puedan tener todas las experiencias del mundo "real", además de otras muchas que serían imposibles en él, y que aún así, seríamos capaces de ver, tocar e interactuar con aquellos a quienes estimamos, ¿por qué no quedarnos así?

Muchos humanos deberían abandonar la idea de vivir sólo en terreno virtual, pero desde una perspectiva filosófica, no hay ninguna diferencia entre la experiencia de habitar en una simulación suficientemente avanzada y la vida diaria que experimentamos. Tengamos en cuenta lo siguiente: nuestros cuerpos actuales pueden ser vistos como robots orgánicos; están en el mundo físico y llevan un cerebro/mente/personalidad/identidad en el interior. El robot orgánico de mi cuerpo puede ver, oír, tocar, oler, y saborear por mí; transmite a mi cerebro todas esas experiencias por medio de impulsos eléctricos; los procesos paralelos que se producen entre mis neuronas y sinapsis, son el resultado de un patrón de pensamiento tan complejo y elegante que genera metacognición o autoconciencia. Me parece que soy "yo" quien está ahí fuera, disfrutando directamente de las experiencias sensoriales, ¡pero, no lo soy!

La parte de mí que es realmente yo, es decir mi conciencia y mi personalidad, nunca podrán disfrutar de esas experiencias directas. La materia gris no tiene ni manos, ni ojos, ni oídos, ni boca, ni nariz. Mi cerebro ha de confiar en una interfaz indirecta para aprehender la "realidad". Esa interfaz, puede ser el cuerpo físico que habito, puede ser un robot que explore la superficie de Marte o puede ser un sustrato informático que me proporcione experiencias ambientales simuladas.

El caso es que todo lo que experimentamos es simulado, nada es inmediato. En las próximas décadas, a medida que empleemos cada vez más tiempo en entornos virtuales, nuestra definición de realidad irá cambiando. Se prevé que en el plazo de cien años, o quizás menos, muchos humanos vivirán en el espacio toda su vida bajo miles de circunstancias diferentes a las actuales. Sin duda alguna, estos humanos descubrirán nuevas sensaciones y emociones que no podemos comprender. ¿Y serán menos reales sus vidas que las nuestras de hoy?

Parece probable que millones de personas, miles de millones, elegirán esa opción. ¿Suena a ciencia-ficción? Tal vez, pero la tendencia actual de la tecnología de computación sugiere que podría empezar a ser realidad en tan solo 20 ó 30 años [7].

## UN FUTURO INIMAGINABLE

Otra pregunta fascinante: si vivir en un cuerpo es bueno, ¿por qué no tener dos? Y si dos son buenos, ¿por qué no tres, cuatro o cinco? ¿Por qué no quinientos o cinco millones?

La siguiente cita corresponde a Edward Cornish, presidente de la World Future Society:

Ni en nuestras fantasías más imaginativas podemos anticiparnos a todas las extraordinarias posibilidades que nos esperan a los humanos y a las criaturas que vengan tras nosotros. Las especulaciones más atrevidas del hoy serán los hechos del mañana, y nuestro potencial humano no sólo será mayor de lo que pensamos, sino mayor de lo que podríamos llegar a imaginar [8].

Imaginemos por un momento que habitamos varios cuerpos; no sólo tener varios cuerpos para poder elegir, como un traje esperándonos en el armario, sino habitar varios cuerpos diferentes al mismo tiempo. Uno de esos cuerpos podría ser aquel con el que nacimos; otros podrían ser copias o clones; otros serían bastante diferentes, tal vez diseñados para adaptarse a un entorno específico; otros muchos serían seguramente robots o cuerpos virtuales.

¿Cuál será nuestra experiencia de identidad personal cuando nuestra conciencia esté diseminada en varios sustratos? ¿Seguiremos siendo nosotros? ¿Decidiremos conservar, dentro de lo posible, conciencias simultáneas en todos los cuerpos, o será preferible dejar que cada uno de ellos funcione de forma autónoma con una sincronización ocasional, tal vez diaria, de experiencias y reestructuraciones de la identidad?

También se puede pensar que en el futuro seremos capaces de simular la personalidad de gente del pasado, como famosos, personajes históricos o aquellos a quienes amamos, y relacionarnos directamente con ellos. Es también posible que pudiéramos integrar una o más de esas identidades en la propia (con su permiso, claro).

Tal vez, algún día podamos aceptar también la invitación a ser parte de un meta-ser, incorporando nuestra propia identidad, o una copia de ella, en la de otros. Muchos han especulado con la posibilidad de que la evolución de los posthumanos seguiría estas vías, a largo plazo, para integrarse en superseres inmortales [9].

Sea lo que fuere lo que ocurra, está claro que el futuro será mucho más raro, y desde luego más asombroso, de lo que nunca hemos imaginado.

## REFERENCIAS

- 1) United Nations Demographic Yearbook, 2000; <http://www.disasterrelief.org/Disasters/001023hungerreport/>
- 2) <http://www.wordiq.com/definition/Immortality>
- 3) McKibben, Bill; *Enough: Staying Human in an Engineered Age* (2003); Times Books; // Kass, Leon; *Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Happiness* (2003); Regan Books
- 4) Bova, Ben; *Immortality: How Science Is Extending Your Life Span and Changing the World* (1998); William Morrow & Company; pág.183
- 5) Meltzer, Milton; *Slavery: A World History* (1993); Da Capo Press
- 6) Hummel, JR; *Emancipating Slaves, Enslaving Free Men: A History of the American Civil War* (1996); Open Court Publishing Company
- 7) Kurzweil, Ray; *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence* (1999); Viking / Penguin Books
- 8) Cornish, Edward; *Futuring: The Exploration of the Future* (2004); World Future Society; pág.121
- 9) Tipler, Frank J; *The Physics of Immortality: Modern Cosmology, God and the Resurrection of the Dead* (1994); The New York Times Company

## LA FANTASÍA CONTRAPRODUCENTE

DR. ERIC S. RABKIN

En el antiguo *Poema de Gilgamesh*, escrito en el tercer milenio AC, el héroe aprende

“un secreto (un misterio de los dioses). Hay una planta que crece bajo el agua, tiene espinas como púas, igual que una rosa; te dañará las manos, pero si logras cogerla, tendrás lo que devuelve la juventud a un hombre” (pág. 116) [1].

Para recuperar la inmortalidad, Gilgamesh, empleando como lastre las piedras de la orilla, se sumerge en el agua, portadora de vida y mortal a un tiempo, pero:

“en lo más profundo del torrente yacía una serpiente, y la serpiente sintió la fragancia de la flor. Emergió de las profundidades y se la arrebató, e inmediatamente mudó su piel y regresó al fondo. Entonces Gilgamesh se sentó y lloró amargamente. Encontré la señal y la he perdido” (pág. 117) [1].

Italo Calvino escribió que

“el significado último al que se refieren todas las fábulas, tiene dos caras: la continuidad de la vida y la inevitabilidad de la muerte” (pág. 259) [2].

Podemos ver en esta tragedia, por un lado, la naturaleza en forma de serpiente que regresa al fondo del agua, que es capaz de escapar de su corporeidad y renovarla, y por otro lado, la humanidad representada por Gilgamesh que sólo puede regresar a la ciudad de Uruk, íntegro, pero sin defensas contra la muerte. No obstante, aún hay muchos que desean la inmortalidad, sintiendo como Dostoievsky, que

“si fueras a destruir la creencia humana de la inmortalidad, no sólo se secaría el amor, sino cada elemento que conservara algo de vida en el mundo” (581:19) [3].

La ficción nos cuenta muchas veces que la inmortalidad es mejor como esperanza y no como hecho ya que, a pesar de su venerable, obvia e íntima llamada, la fantasía de la inmortalidad oculta una terrible realidad.

Las más claras advertencias contra la inmortalidad, dirían algunos, son en realidad advertencias contra el orgullo, la estupidez y la desobediencia. La

Sibila Cumana, a quien Apolo adoraba, recibe de manos del dios el regalo de miles de años de vida, pero tras rechazar el amor que le ofrece Apolo, éste le priva de la eterna juventud condenándola a una vejez de interminable sufrimiento. A la Titánide amada por Eos, y diosa del amanecer, se le concede la inmortalidad, pero olvida pedir eterna juventud y envejece permanentemente en lo que Tennyson denomina una "inmortalidad cruel". Prometeo es inmortal por naturaleza, pero tras robar la llama sagrada para los hombres, su inmortalidad se convierte en una eternidad de sufrimiento y padecimiento. Se podría decir que la inmortalidad en estos casos no es peor en sí misma que el oro del Rey Midas: algopreciado en su lugar adecuado, pero irónico y trágico cuando se corrompe. La apoteosis de los héroes griegos y de los profetas hebreos parecería corroborar esta visión positiva de la inmortalidad, igual de irónica que la fina línea que separa este estado para conducirnos, no a la felicidad sino al horror. Sea como sea, ¿podemos lograr una inmortalidad sin sufrir sus fatales efectos?

A menudo se dice que la promesa principal del Cristianismo es la inmortalidad: "Yo soy la resurrección. El que cree en mí, aunque muera, vivirá; y todo el que vive y cree en mí, no morirá jamás" (Juan 11, 25-26). La historia muestra que esta promesa tiene gancho, pero curiosamente, tenemos muy poca idea de lo que significaría vivir esa inmortalidad perfecta. En *Man and Superman*, George Bernard Shaw dice que prefiere el infierno, "hogar de lo irreal y de los buscadores de la felicidad" al cielo "hogar de los maestros de la realidad, y (el mundo) (...) hogar de los esclavos de la realidad" (pág. 139) [4].

Este asunto de maestros y esclavos nos devuelve al tema de la desobediencia. Milton, en las primeras líneas de su *Paradise Lost*, escribe:

"De la primera desobediencia del hombre, y del fruto / De aquel árbol prohibido, cuyo bocado mortal / Trajo al mundo la muerte, y todas nuestras penas" [5].

Si Jesucristo es el nuevo Adán, su redención por nosotros es un regreso a la obediencia del Edén, donde como dice Milton, la muerte y la desobediencia pugnan con la vida y es de suponer con la obediencia. En un cielo de perfecta obediencia, parece difícil encontrar algo de felicidad, pues nuestra felicidad depende mucho de las nociones de libertad individual y de deseo. Adán, al igual que Gilgamesh, perdió su inmortalidad por la intervención de una serpiente. Uno puede suponer que en el cielo no hay, por tanto, serpientes ni peligros, ni tan siquiera la sexualidad que dichas serpientes representan. El cielo que muestra Shaw, igual que el de San José, padece lo que Arthur C. Clarke llama "el enemigo supremo de toda utopía: el aburrimiento" (pág. 75) [6].

La paradigmática benevolencia del Cristianismo, la compensación, por así decirlo, por el Pecado Original y el Diluvio Universal, es Dios Padre proyectándose a sí mismo en la realidad mortal de Jesucristo. Para los cristianos creyentes, desde luego, este es un hecho único y fundamental en la historia de la humanidad. Yo no voy a entrar en estas creencias, pero en la ficción, la disposición para aceptar la mortalidad no es ni mucho menos algo raro, ni siquiera cuando no existe promesa de vida eterna, como no la hay según Sydney Carton, cuando se hace pasar por Charles Darnay para ser guillotinado al final de la novela de Dickens *A Tale of Two Cities* [7]. Esta mortalidad es la medida del heroísmo humano, no del divino. Jesucristo puede prometer a los ladrones que estarán con él en el paraíso (Lucas 23, 43), pero Sydney Carton sólo puede alcanzar la inmortalidad por medio del arte. En cualquier caso, la mayoría de nosotros según creo, estaríamos de acuerdo con Woody Allen cuando dijo que

“No quiero conseguir la inmortalidad por mi trabajo. Quiero conseguirla simplemente no muriéndome” (pág. 260) [8].

Por desgracia, las imágenes disponibles de “no-muerte” son típicamente o bien muy superficiales, como las cristianas, o bien grotescas. En *The Facts in the Case of M. Valdemar*, Edgar Allan Poe presenta a un hombre hipnotizado “in articulo mortis” (pág. 269) [9]. El narrador e hipnotizador puede calcular el momento en que va a morir su víctima ya que Valdemar padece una enfermedad degenerativa; pero en cierto modo, Valdemar es como todos nosotros en su inevitable muerte porque como dicen los habitantes de Erehwon de Samuel Butler

Nacer... es una falta grave, un crimen de primer grado cuya sentencia puede ser ejecutada en cualquier momento tras cometer la infracción (pág. 145) [10].

La historia de Poe, que se puede leer en principio como una ciencia-ficción extravagante y luego como una sátira flagrante, narra el período de tiempo que transcurre desde que el narrador emprende el objetivo hipnótico hasta su final, nueve meses después, los siete últimos con Valdemar en un estado de suspensión hipnótica. En un momento clave del éxtasis de Valdemar, el narrador dice “Actué sin dudas, intercambiando, sin embargo, los pases laterales por los descendientes y dirigiendo la mirada a los ojos de la víctima” (pág. 273). Esta retórica científica ostentosa, de un segundo vistazo, oculta una sátira de la extremaunción. De hecho, en una visita posterior, el narrador provoca unas vibraciones en la lengua del frío e inconsciente Valdemar, y dice “estoy muerto” (pág. 277). Por último, el narrador decide intentar despertar a su paciente. La historia termina con estas palabras:

Cuando yo estaba dando los pases hipnóticos, entre eyaculaciones de “¡muerto! ¡muerto!”, agitando la lengua y no los labios, todo el cuerpo del paciente, de pronto, en el espacio de un minuto o incluso menos, se contrajo, se desmenuzó, se pudrió completamente en mis manos. En el lecho, ante todos los presentes, había una masa líquida de repugnante y detestable putrefacción (pág. 280).

Al nivel más obvio, este final sugiere que hay cosas “que el hombre no puede entender”. Como búsqueda de la inmortalidad, la desobediencia primordial puede funcionar durante algún tiempo, pero en última instancia, la disolución humana seguirá su propio camino por orden divino.

Pero a un nivel más profundo, es una broma grotesca y de mal gusto. Las eyaculaciones de la lengua parodian las eyaculaciones de un pene, y los rápidos y espasmódicos movimientos “en mis manos” son una buena imagen de la masturbación. En lugar de describir una semilla fértil, la historia revela las ansiedades del narrador con el final “masa líquida de repugnante [...] putrefacción”. En el Génesis, en el mismo momento en que Adán y Eva prueban la manzana, “se dieron cuenta de que estaban desnudos” (Génesis 3, 7). Con la mortalidad llega la sexualidad; los que buscan la inmortalidad, el poder de los dioses, buscan, tal vez inconscientemente, cambiar la procreación por creación. En *Frankenstein* [11], Mary Shelley es capaz de devolver a la carne muerta lo que podría parecer una vida permanente, pero el monstruo, más humano que su creador, sólo busca una novia, mientras que Víctor, al igual que el narrador masturbador de Poe, se resiste a la muerte sólo con sus manos. En *Interview With the Vampire*, el joven oyente de Anne Rice, cuando oye por primera vez la descripción del vampiro bebiéndose la vida de alguien dice “-Parece igual que estar enamorado-. Los ojos del vampiro brillaron. -Eso es, es como estar enamorado-, sonrió” (pág. 31) [12]. Pero desde luego, es un amor sin procreación. La inmortalidad, para los ángeles, para los demonios, y para las criaturas de la ciencia moderna, es un estado sin descendencia, y significa una negación del potencial y la felicidad humana.

Freud, en *Beyond the Pleasure Principle* [13], sugería que “hemos adoptado [...] la hipótesis de que toda sustancia viva está ligada a la muerte por causas internas [...] ya que encontramos cierto placer en ello”, con lo que quería decir que todos nuestros errores y nuestro fallecimiento parecen menos terribles si lo vemos como algo menos importante o inevitable. Continúa diciendo que “la noción de muerte natural es algo desconocido para etnias primitivas, ya que atribuyen cada muerte a la influencia de un enemigo o de un espíritu maligno”. Parece que Freud no reconoce que nuestra búsqueda de causas fatales, como ataques al corazón, cáncer o asesinatos,

refleja motivos diferentes. En cambio, en el espíritu de Víctor Frankenstein, Freud expresa su admiración por la literatura de August Weismann,

quien introdujo la división de la sustancia viva en partes mortales e inmortales. La parte mortal es el cuerpo en su sentido más concreto, el "soma", que está sujeto a una muerte natural. Las células reproductoras, por otro lado, son potencialmente inmortales, en tanto que son capaces, bajo determinadas circunstancias, de desarrollarse para dar lugar a nuevos individuos, o, en otras palabras, de su capacidad para alojarse en un nuevo soma [13, pág. 616-617].

Esto es algo sorprendente. Primero, el absoluto silencio de Freud sobre las primeras divisiones de la sustancia viva en cuerpo y alma, revela una ceguera intelectual que podría estar motivada, se supone, por una desesperada necesidad de creer que se está progresando en la eterna confrontación del hombre con la muerte. En segundo lugar, centrarse en las células reproductoras, "por otro lado", es tan lejano y masturbante a su manera como la obsesión de Poe por el hipnotismo, otro truco mental, como el deseo mortal de Freud para retrasar el terror final. Y en tercer lugar, esta noción de inmortalidad de las células reproductoras reduce al ser humano tal y como lo veríamos habitualmente en una mera conveniencia. Puede que ésta sea la visión de la sociobiología moderna si nos fijamos en lo que Richard Dawkins ha denominado el "gen egoísta" [14], pero en tal caso no tenemos nada que hacer con las aspiraciones de individuales.

Pero seguramente no somos meros cuerpos. Si alguien pierde un dedo, el ser no cambia. Pero ¿y si alguien pierde un brazo? ¿O su capacidad para procrear? Está claro que no somos como éramos con, digamos tres años, cuando todos éramos prepúberos, totalmente dependientes e inmensamente ignorantes. De hecho, puede que ya sólo queden en el cuerpo unos pocos átomos sin reemplazar con el paso de los años. Nos gusta pensar que tenemos continuidad. Es casi como el famoso acertijo filosófico del hacha del granjero: "¿Tiene esta hacha desde hace mucho? Oh, sí, 20 años. He cambiado el mango tres veces y la hoja dos".

La persistencia del individuo es una fantasía, claramente, una fantasía sin la cual no tendríamos sentido del yo, y sin embargo sin la cual, la noción de inmortalidad se vería reducida a una mera persistencia, a un estado no muy diferente al de una roca.

La ciencia-ficción moderna, desde luego, ha imaginado seres materializados no en piedra sino en silicio. En *The City and the Stars* de Clarke, los ciudadanos de Diaspor viven tantos años que acaban por regresar voluntariamente a la "Sala de Creación", donde las máquinas "analizan y almace-

nan la información que define a cualquier ser humano" [15, pág. 15] y ser devuelto a la nada (no podríamos llamarlo muerte) hasta que son llamados de nuevo por el Ordenador Central en un tiempo futuro aleatorio para vivir en una mezcla, también aleatoria, de 10 millones de habitantes potenciales de la ciudad de Diaspor. En esa utopía inmortal, donde el mero hecho de pronunciar un deseo lo hace realidad, nuestro héroe Alvin no es sólo un aparecido sino "por no faltar a la verdad [...] el primer niño que nació en la Tierra en diez millones de años" [15, pág. 17]. Es él quien devuelve la fertilidad y el progreso a un mundo estancado. No hay vida humana real sin mortalidad, sin el riesgo de la muerte. De entre todas las características que nos definen, decidimos llamarnos a nosotros mismos "mortales". Es la cordura de Pinocho.

En el libro de William Gibson, *Neuromancer*, uno de los personajes es un "constructo", un chip informático que contiene el conocimiento y la personalidad de un famoso habitante del ciberespacio, la realidad virtual de la infosfera. Se activa con otros personajes de "carne" que necesitan su ayuda, y él acepta ayudarles con una cláusula: al final de la aventura "quiero que se me borre" [16, pág. 206]. La inmortalidad incorpórea es aparentemente tan engañosa para Dixie Flatline como el envejecimiento y la mortalidad corpórea lo son para la Titánide. Entendemos entonces porqué cuando Case el protagonista, le dice a Dixie que "Algunas veces te repites, tío", Dixie le responde con un juego de palabras diciendo "Es mi naturaleza" [16, pág. 132]. Si contamos con el tiempo suficiente y no tenemos un cuerpo que sufra las condiciones cambiantes del entorno, todos nos repetiríamos, viviendo bajo nuestros propios patrones, sin importar cuales fueran, que nos llevarían en última instancia a la mera repetición y, por tanto, a la destrucción de cualquier sentido de la individualidad.

De esta manera es como el sensible ordenador HAL de la novela de Clarke 2001, *A Space Odyssey* deja de ser un personaje –un individuo– pero sigue funcionando como ordenador cuando sus tarjetas de "función principal" son extraídas y se ve reducido a repetir los cálculos y números de identificación con que fue programado al principio [18, pág. 156-157]. Por esta misma razón Olaf Stapledon, en *Star Maker* hace un elogio, no de las "mentes colmena" en enjambres que anulan al individuo, sino de la "simbiosis intrincada" [19, pág. 255] que se representa como perfecta unión por el "valioso átomo de la comunidad" [19, pág. 257], en el cual, dos pueden depender el uno del otro –y pueden procrear– pero donde cada uno conserva su individualidad esencial y los riesgos de la muerte individual.

Por contraposición a este punto de vista, en *Blood Music* de Greg Bear, una plaga de "leucocitos inteligentes" campa libremente y el mundo se trans-

forma, incluidos nosotros en última instancia, como parte de una mente planetaria. El protagonista dice que “si muriera aquí, habría otros cientos que se integrarían, listos para convertirse en mí, y yo no moriría del todo. Simplemente perdería mi yo particular [...] es imposible morir” [20, pág. 197]. El protagonista de Bear puede creer esto, pero los gemelos idénticos no: no importa la duplicación de información en otra copia, la muerte del individuo contemplada por ese mismo individuo es de hecho la muerte. Y la capacidad para morir es una gran libertad autodefinida, la libertad existencial última según Sartre y Camus, y el punto clave del conflicto entre el individuo y el Estado, visto por los enfermos hospitalizados, las víctimas mutiladas en combate de *Johnny Got His Gun* de Dalton Trumbo [21], el parapléjico alimentado por sonda de *Whose Life Is It Anyway?* de Brian Clark [22] y D-503, el protagonista de *We* de Eugene Zamiatin, después de que “le hayan arrancado de la cabeza la astilla [de la imaginación]” y se ve reducido a un idiota con una permanente sonrisa dibujada en su rostro, ya que “la razón debe prevalecer” [23, pág. 217-218]. Este feliz estado de obediencia inevitable es el último Edén, y la astilla arrancada de D-503 es la “espinas” de la planta que busca Gilgamesh, la que nos recuerda que vivimos como individuos cuando estamos sujetos a la muerte.

Se dice que cuando Miguel Ángel terminó las tumbas Médici, encargadas por el Papa Clemente VII, alguien observó la ausencia de realismo. “¿A quién va a importarle dentro de mil años si estas son realmente sus caras?”, dijo el gran escultor [24, pág. 399]. Así es. El día que el gran Duke Ellington, músico de jazz, murió, John Chancellor empezó su informativo nocturno diciendo: “Edward Kennedy Duke Ellington murió esta mañana a consecuencia de un cáncer de pulmón y una neumonía. Más tarde le escucharemos tocando para nosotros” (pág. 76) [25]. En piedra o en vinilo, los grandes alcanzan la inmortalidad no por sí mismos, sino en su legado, una inmortalidad que suplanta, y por tanto supera, al original.

San Pablo nos promete que aquí en la Tierra

Ahora vemos en un espejo, en enigma. Entonces (después del día del Juicio) veremos cara a cara. Ahora conozco de un modo parcial, pero entonces conoceré como soy conocido (I Corintios, 13, 12).

Esta noción de conocimiento ideal en la eternidad no es válida sólo en el mundo occidental. La voz de Brihadaranyaka Upanishad dice:

¡Llévame de lo irreal a lo real! / ¡Llévame de la oscuridad a la luz! / ¡Llévame de la muerte a la inmortalidad! (Bartlett 56, 20) [3].

Pero ¿quién es este yo? Cuando Moisés pide en el Monte Sinaí ver a Dios cara a cara, Dios, que tiene a Moisés en gracia, le niega la petición, “ya que ningún hombre que me vea vive” (Génesis 34, 20). San Pablo también lo entiende así. Hablando de la resurrección después del Día del Juicio afirma lo siguiente:

Mirad, voy a desvelaros un misterio: no todos dormiremos, pero todos seremos transformados. En un instante, en un abrir y cerrar de ojos, al último toque de la trompeta –pues tocará la trompeta- los muertos resucitarán incorruptos, y nosotros seremos transformados. Porque es preciso que lo corruptible se revista de incorrupción y que este ser mortal se revista de inmortalidad (I Corintios 15, 51-53).

Cuando seamos incorruptos, seremos transformados: transformados en ideales, en repeticiones infinitas, en vampiros estériles, en ángeles sin descendencia, piezas de arte, chips informáticos. Seremos transformados en objetos para la contemplación de otros pero en ese proceso perderemos nuestra identidad. La inmortalidad es una fantasía contraproducente, una defensa desesperada contra la muerte. Y por último, ¿quién elegiría una eternidad tan castrada? Desde luego, no lo haría la *Titánide* de Tennyson:

Déjame ir, llévate tu don / ¿Por qué debería un hombre desear en cualquier forma / cambiar la agradable raza humana, / o llegar más allá de las metas del ordenamiento donde todo se detiene, como por todos es sabido? Libérame, y devuélveme a la tierra... [17].

## REFERENCIAS

- 1) Anónimo; *The Epic of Gilgamesh*; traducción de Sandars, NK; Penguin, 1960
- 2) Calvino, Italo; *If on a winter's night a traveler*; traducción de William Weaver; Harcourt, 1979
- 3) Bartlett, John; *Familiar Quotations*; (1980, 15th ed.); Little, Brown
- 4) Shaw, George B; *Man and Superman* (1903); Penguin, 1969
- 5) Milton, John; *Paradise Lost* (1667); Editor Merritt Y. Hughes; Odyssey, 1962
- 6) Clarke, Arthur C; *Childhood's End* (1953); Ballantine, 1972
- 7) Dickens, Charles; *A Tale of Two Cities* (1859) T. B. Peterson
- 8) Peter, Laurence ; *J. Peter's Quotations: Ideas For Our Time* (1977); Bantam

- 9) Poe, Edgar Allan; "The Facts in the Case of M. Valdemar." 1845. Ed. Philip Van Doren Stern. *The Portable Poe*. New York: Viking, 1973
- 10) Butler, Samuel; *Erewhon* (1872), New York: NAL, 1960
- 11) Shelley, Mary; *Frankenstein* (1818), Editor: Joseph, M.K. Oxford University Press, 1969
- 12) Rice, Anne; *Interview With the Vampire* (1976); Ballantine
- 13) Freud, Sigmund; *Beyond the Pleasure Principle* (1920) en *The Freud Reader* (Editor: Gay, Peter); Norton, 1989
- 14) Dawkins, Richard; *The Selfish Gene* (1976); Oxford University Press
- 15) Clarke, Arthur C; *The City and the Stars* (1956) Harbrace; pág.15
- 16) Gibson, William; *Neuromancer* (1984) Ace; pág. 18
- 17) Tennyson, Alfred; "Tithonus" (1860) en: *Selected Poetry* (1956); Editor: McLuhan H.; Holt
- 18) Clarke, Arthur C; *2001: A Space Odyssey* (1968) New York: NAL
- 19) Stapledon, Olaf; *Star Maker* (1937); Dover Publications Inc.
- 20) Bear, Greg; *Blood Music*; New York, Ace, 1985
- 21) Trumbo, Dalton; *Johnny Got His Gun* (1939) Bantam, 1970
- 22) Clark, Brian; *Whose Life Is It Anyway?* New York; Dodd, Mead, 1978
- 23) Zamiatin, Eugene; *We* (1920). Trans: Zilboorg G; Dutton, 1952
- 24) Fadiman, Clifton, ed. *The Little, Brown Book of Anecdotes* (1985) Little, Brown
- 25) Rabkin, Eric S; *The Fantastic in Literature* (1976) Princeton, New Jersey; Princeton U Pr, 1976

## CONCIENCIA DEL TIEMPO EN UNA VIDA MUY LARGA

DR. MANFRED CLYNES

Contar no es tiempo – No hay tiempo que contar.

En el siguiente ensayo, dejaré a Dios el tema de la inmortalidad y trataré de que se me disculpe cierta arrogancia por traficar con la vida individual de sólo unos pocos millones de años. Espero no decepcionar a los lectores con esto, al menos en su primer millón de años de vida.

¿Qué es el tiempo? Estamos muy influenciados por los físicos que han descrito el tiempo como una dimensión: una línea recta, o curva si hacemos caso a Einstein, infinitamente estrecha a lo largo de la cual se suceden los acontecimientos. Lo que sucede es que  $t$  se mueve desde  $t_1$  a  $t_2$ , dos puntos en esa línea que representan el principio y el final del evento. El tiempo, entendido como un punto infinitamente pequeño, se mueve de  $t_1$  a  $t_2$ , y además se nos ha lavado el cerebro para que consideremos que se mueve de izquierda a derecha. En el nivel cuántico, en la escala de la constante de Planck, el tiempo puede incluso invertirse durante unos instantes muy breves. Preguntar “¿con qué velocidad se mueve a lo largo de esa línea?”, es una cuestión sin sentido para los físicos. Pero la tasa relativa a la que se mueve el tiempo depende del sistema de coordenadas o marco de referencia adoptado.

Lo que se pierde en este enfoque es el *presente*. En física, y en la vida humana, el tiempo convierte la potencialidad en realidad. A Einstein tampoco le gustaba mucho la idea de desterrar el presente de su teoría (o de no abarcarlo). Pero aún me falta encontrar un físico actual que, como físico, eche en falta el presente. Simplemente parece que no es algo en que preocuparse. Pero, sorprendentemente, el presente es todo lo que tenemos los humanos. El pasado se ha ido y el futuro aún no ha llegado. Lo que experimentamos parece ser un presente continuo, al menos mientras tenemos conciencia, y también los recuerdos del pasado y las anticipaciones del futuro se experimentan en el presente. El presente está siempre con nosotros, incluso podemos decir que el presente en sí mismo es inalterable y lo único que cambia es su contenido. En ese sentido, el presente es eterno, mientras vivimos. Entonces, ¿qué es lo que crea el presente en nosotros?

Lo llamamos la conciencia del tiempo. En lugar de un punto infinitesimal desplazándose a lo largo de la línea del tiempo, tenemos un indicador de

tiempo limitado en el que nos sentamos, por así decirlo, y que se desliza llevándonos a cuestras. Ese indicador es el presente omnipresente. En mis primeros trabajos allá por los 70, demostré que una buena medida de la duración del presente es de unos 180 milisegundos. Es la duración de una sílaba, del tiempo mínimo durante el cual no se puede revertir una decisión, el tiempo de reacción de un motor, y el tiempo necesario para ver el movimiento lento de un objeto. Y hace poco hemos descubierto que es el tiempo preferido por un compositor para acompañar los componentes independientes de sus creaciones, al menos así ocurre con los Allegros de Mozart y Beethoven.

Pero una palabra no sustituye al entendimiento, o no debería hacerlo. Sabemos poco acerca de la conciencia del tiempo. Gracias a nuestro trabajo en música, hemos encontrado pruebas de cuatro relojes y procesos diferentes, involucrados en distintos aspectos de la conciencia del tiempo en nuestro cerebro. Estos relojes involucrados en la música, operan en nuestra conciencia del tiempo. Y ya que es posible pensar en la música durante el sueño, estos relojes se transfieren también a nuestra conciencia cambiada del tiempo mientras soñamos, al menos algunos de ellos. De alguna forma, nuestra conciencia del tiempo se modifica mientras soñamos. ¿Cómo? No lo sabemos.

Como podemos suponer fácilmente hoy día, distintos animales (máquinas conscientes) tienen distinta conciencia del tiempo. No hay nada absoluto en nuestra conciencia del tiempo. En otra galaxia, por ejemplo, podrían existir seres vivos para los que la noche y el día serían un suspiro, pero nuestra conciencia del tiempo está directamente relacionada con nuestra condición de seres humanos.

## LA ESCALA DE LA CONCIENCIA DEL TIEMPO

Esto invita a reflexionar sobre la escala de la conciencia del tiempo. Lo aprenderemos por cómo lo hace el ADN, y rediseñándonos a nosotros mismos para una vida de larga duración, podremos tener alguna ventaja respecto de una escala variable de conciencia del tiempo.

¿Cuál es la escala de conciencia del tiempo de un ordenador? O, ¿cuál es la escala del tiempo de un ordenador? La idea que tiene un ordenador del tiempo es que no tiene ninguna idea. Todo lo que sabe es una serie de números, las marcas de tiempo. El tiempo que hay entre esos números es totalmente arbitrario, podemos aumentar la duración del ciclo de compu-

tación de un ordenador y no se daría cuenta: todas sus respuestas serían las mismas. Cualquier cálculo que pueda hacer en su ciclo de computación dentro de su capacidad tecnológica, proporcionará la misma respuesta. Una serie de ceros y unos, no pueden darle a un ordenador, ni a nosotros, la experiencia del tiempo. La falla del test de Turing, es que se olvida del tiempo. Y siempre y cuando nos modelemos a nosotros mismos sobre las líneas del tiempo de un ordenador, no obtendremos conciencia del tiempo en absoluto. Y esto significa por tanto, que no seremos conscientes.

Los ceros y los unos, números al fin y al cabo, no pueden sustituir la singularidad del tiempo, aunque sí podrían hacerlo en una matriz de cuatro dimensiones (en la representación Minkowski), aunque para Einstein precise de un eje imaginario que lo diferencie de las dimensiones espaciales.

Pero los números no pueden contarnos nada sobre la experiencia del tiempo, ni sobre cuestiones de espacio. Tanto nuestro cerebro como nuestro sistema nervioso están diseñados para diferenciar tiempo y espacio, y esto supone muchos aditivos temporales que no pueden ser representados en una simple operación imaginaria. El pulso neuronal de nuestro cerebro tampoco diferencia tiempo y espacio. Por otra parte, la música representa un laboratorio para analizar nuestra relación con el tiempo.

## LA CONCIENCIA DEL TIEMPO Y LA EXTENSIÓN DE LA VIDA

A la hora de considerar la extensión de la vida, necesitamos hacer hincapié en los siguientes puntos (algunos sólo cubren ciertos aspectos de lo relacionado con el tiempo, y debemos dejar aparte los problemas sociales):

Hasta que la conciencia del tiempo sea lo suficientemente comprendida como para que los ordenadores o los robots la tengan, y hasta que se vuelvan conscientes, hoy por hoy no es posible prolongar la vida más allá de los límites impuestos por los materiales con que estamos hechos. Sólo será posible reemplazar material biológico, homeostasis, metabolismo, reproducción humana y por supuesto los recuerdos y el pensamiento (tal como lo conocemos y en la medida en que lo conocemos) por materiales no biológicos más estables, nanotecnología y diseños bioestructurales, cuando sepamos como obtener conciencia. Estoy seguro de que la conciencia no es en sí misma una función compleja, y también de que un nivel muy alto de complejidad no es condición sine qua non para lograrla, sino que es algo más.

Una vez que sepamos como crear conciencia, estaremos en un mundo completamente diferente, en el cual la clonación será un juego de niños. Y

puede que solo tengan que pasar un par de cientos de años hasta que esto ocurra, o tal vez sean miles, nadie lo sabe a ciencia cierta aún. Con respecto a la conciencia, lo que a mí me llama la atención es que cuanto más cambia su contenido, más se va acercando uno a la "pura conciencia", esto es, la conciencia sin contenido. Helen Keller no era menos consciente que nosotros, sino que probablemente lo fuera más. En la conciencia, las distintas entradas sensoriales interfieren relativamente poco entre ellas, y podemos oler, oír, ver, tocar simultáneamente y realizar más tareas. Si creamos máquinas conscientes (que es lo que tendemos a creer que somos) pero de estructuras diferentes a las que conocemos, existirá una posibilidad real de disolver los lazos de tiempo que estamos acostumbrados a experimentar.

## ELEGIR NUESTRA PROPIA CONCIENCIA DEL TIEMPO

A la hora de crear máquinas conscientes, tendríamos la libertad de diseñarnos a nosotros mismos para tener diferentes índices de conciencia del tiempo, y también diferentes conciencias del tiempo que se ajustaran a nuestras necesidades. ¿Cuáles serán nuestras necesidades? Si hablamos de viajar, podemos imaginar mucho: con los viajes espaciales, ralentizaremos nuestra conciencia del tiempo en digamos un factor de 10.000 años. ¿Qué son 10.000 años si se pasan como si fuera sólo uno, o incluso como si fuera sólo un mes? Si combinamos esto con la relatividad de Einstein en cuanto a la ralentización del tiempo, nos encontraríamos ante condiciones de viaje en el espacio muy favorables. Si tuviéramos millones de años de vida, la contracción de la conciencia del tiempo no tendría mayor importancia pues tendríamos mucha experiencia. Sería también útil para entrar en contacto con otras formas de vida, al menos en nuestra galaxia, y ajustar nuestra conciencia del tiempo a la de otros seres.

Es más probable que para otros asuntos diferentes a los viajes en el espacio hagamos lo contrario, es decir, ampliar la conciencia del tiempo, hacer un ajuste de velocidad aplicando nanotecnología o picotecnología; y el pensamiento sería unas 10.000 veces más rápido también. ¿Qué ocurriría entonces? Pues que un año duraría 10.000 años; las estaciones no cambiarían en 2.500 años. El factor 10.000 es tal vez un factor un tanto extremo para aplicar aquí; podríamos ajustar la conciencia del tiempo a nuestro gusto, tal vez solo duplicándola o triplicándola según la situación en que nos encontrásemos.

El envejecimiento, tal y como lo conocemos, será eliminado y en todo caso se convertirá en un grave problema de acumulación de memoria. Toda la

materia del universo es memoria insuficiente para almacenar el estado de toda la materia que hay en él. A medida que la edad de los individuos vaya sumando millones de años, el universo necesitará cada vez más materia para almacenar recuerdos. Finalmente, y a pesar de Freud, precisaremos de un borrado selectivo de recuerdos (algo que será tema político candente en un futuro lejano).

Mucho más serios serían los problemas planteados por las emociones y su manifestación. Como ya he dicho, la expresión y generación de emociones y su manifestación por medio de gestos, bailes y música, depende, en gran medida, del tiempo. Las formas del tiempo, lo que llamamos formas sénticas, conforman el vocabulario de nuestro lenguaje inherente de comunicación y generación de emociones. La forma (en el tiempo) es cualidad. ¿Qué les ocurriría a aquellos que se sometieran a la transformación de su conciencia del tiempo?

Tomemos como ejemplo la risa. ¿Podemos reír en sueños, en una escala diferente de tiempo, y experimentar la risa? Una persona de pensamiento rápido (incluso como Marvin Minsky) ríe a escalas muy similares de "ja", que una persona que piensa en forma más lenta. La dificultad está en la misteriosa y a la vez inexplicable conexión inherente entre la forma del tiempo y la cualidad de sentimientos que conlleva. Acelerar la conciencia del tiempo por un factor de 10.000, implica que tendremos que acelerar también la risa en la misma proporción. Es tan simple como un problema de control motor; incluso si redujéramos nuestro tamaño en forma considerable, resultaría imposible, ya que los átomos de nuestro cerebro ahora no se mueven miles de veces más rápido que los de los brazos. La inercia de la materia, la que no podemos eliminar, entrará en conflicto con la velocidad del pensamiento, la que esencialmente es libre de los condicionamientos materiales de la inercia, es decir: velocidad de la computación contra velocidad del movimiento: la velocidad de electrones y fotones contra la de los protones y neutrones; leptones contra hadrones. La duración de un orgasmo parece más estable que la duración del pensamiento. Bajo las condiciones de transformación de la conciencia del tiempo, la conexión inherente al tiempo de una mirada, una caricia, o de un salto de alegría, desde nuestro punto de vista, parece ser parte de la naturaleza que querríamos conservar inalterable, o mejorarla si es posible.

Obviamente, la comunicación y generación de emociones, las caricias, las miradas, tendrían que liberarse de las limitaciones (actuales) del cuerpo. ¿Será posible sin modificar su cualidad? ¿O podría alguien esperar de esta cualidad una transformación en algo desconocido pero deseado? Parece poco probable que la investigación sobre el cambio de cualidad del ran-

go de experiencia bajo condiciones de transformación de la conciencia del tiempo, ofreciera nuevas cualidades preferibles a aquellas de que gozamos ya. Pero no lo sabemos. Ya sabemos que las cualidades de la experiencia de los sueños son muy similares a las del estado de vigilia, incluso en el período de tiempo de esta limitada transformación. ¿Hasta dónde podemos ampliar esto? ¿Qué nuevas cualidades pueden crearse por medio de transformaciones más sistemáticas y extensas de la conciencia del tiempo?

Ya nos damos cuenta de que la música es muy lenta para contagiarnos su sentimiento y contenido: el sentido visual, el vídeo, la está superando en nuestra cultura, a pesar de su transferencia de significado más concentrada, con su input paralelo en lugar de en serie. Una sinfonía representa mucho tiempo para nuestro mundo que avanza a paso relativamente ligero; la música se usa de fondo para lo visual. ¿Qué pasará con la música bajo la transformación de la conciencia del tiempo? Su arte también se transformará. A continuación hablaremos de algunos problemas y aspectos relacionados con esto; la llamada logogénesis.

## LOGOGÉNESIS

La logogénesis es la “invención de la naturaleza” que aparece en la evolución sustituyendo una calidad de sentimiento, de experiencia, por pensamiento intrincado y por actividad refleja. La logogénesis es lo que crea el qualia, el sabor de la vida. Al igual que la morfogénesis, está genéticamente controlada. La cualidad y sus sustratos cognitivos llegan a nuestro cerebro a través de un programa genético cuyos detalles aún no conocemos. Por ejemplo, el sentimiento de la risa, su gracia, está ligado de forma indisoluble a su vía de expresión. La rojez o la dulzura están indisolublemente ligadas a una pauta determinada de actividad neuronal y sináptica que se parece mucho a otras actividades neuronales, y que no revela de ninguna manera la cualidad de rojez o dulzura. Y esas cualidades de experiencia (olvidadas) se mantienen inalterables a lo largo de toda la vida y en ocasiones hasta el último instante. No sabemos qué es lo que controla la logogénesis. El invento más ingenioso sea tal vez la sustitución de la sensación de hambre por otras formas de regular la entrada de alimento. Esta sensación nos dice cuándo, qué y cuánto comer, y nos obliga a encontrar comida. ¡Qué maravilla! ¿Cómo podríamos inventar algo así?

Pero tal vez sea más ingenioso el sentimiento sexual, que permite que las probabilidades de reproducción (en un mamífero) aumenten de un número infinitesimal a uno viable, e incluso posible. Este sentimiento en sus mani-

festaciones, hace posible la continuidad de la especie, y hace posible también la propia evolución.

¿Qué fue lo que inventó ese sentimiento y lo colocó en su entorno de tal forma que pudiera funcionar en la mayoría de los casos? ¿Evoluciona? Claramente está programado genéticamente. Si los órganos sexuales se originan por morfogénesis, la sensación, consciente y subconsciente, se origina por logogénesis. Por eso, la intensa sensación del orgasmo, es diferente a todas las demás. Todo qualia se origina por logogénesis. Aún no sabemos cómo funciona, ni cómo se transformará con el cambio de la conciencia del tiempo, pero un ordenador o un robot necesitarán de él para experimentar sensaciones y sentimientos. Y no parece que los ceros y unos sean una forma de lograrlo, pero entonces, ¿cómo? Tenemos una facilidad increíble para esconder bajo la alfombra todo aquello que no entendemos y por tanto simular que no existe. Ya es hora de que veamos que el rey va desnudo. Ni la conciencia en sí, ni la conciencia del tiempo, podrán aplicarse a una máquina hasta que entendamos la logogénesis. No está bien decir que somos software y que podemos ser cargados y descargados. Las experiencias y los procesos cerebrales son tanto analógicos como digitales, continuos y discretos. Podemos hacer que una máquina ría, pero no disfrutará, incluso aunque diga que disfruta. Va siendo hora de dejar de engañarnos a nosotros mismos; Turing se merece algo mejor que eso.

En mi ordenador se escucha a Beethoven estupendamente, y me alegro de ello, pero el ordenador no lo disfruta. Ni lo hará hasta que sea capaz de entender a Beethoven. Y sin la conciencia del tiempo, esto es imposible; sin logogénesis es imposible. Pero demos tiempo al tiempo y tal vez pronto suceda; entonces se convertirá en uno de nosotros y nosotros seremos uno de ellos. Dios sabe, probable (o improbablemente), cuándo y cómo, esto sucederá. Pero me aseguraré, mientras tanto, de agotar todas las posibilidades para tratar de descubrirlo. Seguramente en nuestra logogénesis, hay programada un poco de fe.

## REFERENCIAS

- Abeles, M; "Time is precious, Perspectives", en *Science*, 304, pág. 523-524, 2004
- Barnes, J et al; "Requirement of Mammalian Timeless for Circadian Rhythmicity" en *Science* 302, pág. 439-445 2003
- Clynes, M; "The Future Compassionate Computer": presentado en la MIT Medialab Celebration Octubre 1999, 2000, [www.superconductor.com](http://www.superconductor.com)

- Clynes, M; "Entities and brain organization: Logogenesis of meaningful time-forms", en *Proc. of the Second Appalachian Conf. on Behavioral Neurodynamics*. Origins: brain and self organization.ed. K.H. Pribram, Erlbaum Press, N.J. pág. 604–632, 1994
- Clynes, M; "Time-forms, nature's generators and communicators of emotion", Proc. IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication, Tokyo Sept. 1992, pág. 18–31
- Clynes, M; "Time, Timeconsciousness and Music"; en la First International Conference on Music Perception and Cognition, Kyoto, Japón, 1989, pág. 124–130
- Clynes, M; "Methodology in sentographic measurement of motor expression of emotion" en *Perceptual and Motor Skills*, 68, pág. 779–783, 1989
- Clynes, M, & Walker, J; "Music as Time's Measure" en *Music Perception*, Vol.4, No.1, pág. 85–120, 1986
- Clynes, M; "Specific human emotions are psychobiologic entities: Psychobiologic coherence between emotion and its dynamic expression", comentario aparecido en *Behavioral and Brain Sciences*, 1982. Num. 3. pág. 424–425
- Clynes, M; "The communication of emotion: theory of sentics", en *Emotion: Theory, Research and Experience, Vol. 1 Theories of Emotion*, R. Plutchik, H. Kellerman (eds.), pág. 271–300, Academic Press, New York, 1980
- Coull, J et al; "Functional Anatomy of the Attentional Modulation of Time Estimation" en *Science*, 303, pág. 1506–1508, 2004
- Crick, F; *The Astonishing Hypothesis*, Touchstone Books, New York, 1995
- Damasio, A; *The feeling of what happens, body and emotion in the making of consciousness*, Harcourt, New York, pág. 386, 1999
- Dennett, DC; *Consciousness Explained*, Little brown, Boston, 1991
- Feynman, R; "There is plenty of room at the bottom"  
<http://nano.xerox.com/nanotech/feynman.html>
- Ikegaya, Y et al; "Synfire Chains and Cortical Songs: Temporal Modules of Cortical Activity", en *Science*, 304, pág. 559–564, 2004
- Kurzweil, R; *The Age of Spiritual Machines*, Penguin Putnam, New York, 2000
- LeDoux, J; *Synaptic Self*, Viking Penguin, New York, pág. 406, 2002
- Minsky, M; *The Society of Mind*, Simon and Schuster, New York, 1985

## CONFESIONES DE UNA INMORTALISTA PROSELITISTA

SHANNON VYFF

¿Por qué hablar de inmortalidad? ¿No significa egoísmo? ¿No nos dice Dios, el destino y la evolución cuando hemos de morir? Es lo que oigo siempre poco después de haber conocido a gente en la iglesia, de vacaciones, en el autobús, en la cola de la tienda de comestibles, en fiestas y en reuniones familiares. Todo comienza con una conversación totalmente normal con preguntas sobre el tiempo, o sobre lo que has hecho durante el día. A menudo menciono mi trabajo escolar explicando que empecé a estudiar nutrición después de haber perdido algo más de 38 Kg de peso (lo que siempre resulta una historia de motivación e intriga para los demás). Son todo oídos para saber cómo lo logré, y les cuento cómo empecé la dieta de Restricción Calórica (CR) gracias a una lista de correo electrónico llamada *Optimal Nutrition* [1].

Y por medio de la CR Society, me lo he pasado en grande en el Programa de televisión de Oprah, en Marie Claire, en la revista 20/20, viajando a las conferencias de la CR para descubrir las últimas novedades en investigación sobre dietas antienvjecimiento, y conociendo gente muy interesante que se tratan a sí mismos como cobayos. Yo misma he enviado análisis de sangre y otras pruebas para que mis marcadores bioquímicos del envejecimiento ayuden en las investigaciones con humanos. La gente me dice que estoy estupenda, sobre todo los que no me han visto en años, y por supuesto quieren saber cómo empecé con la dieta.

Empiezo diciendo que gracias a mi fascinación por la ciencia-ficción, ya en el instituto me ocupé de seguir el Proyecto Biósfera y al Dr. Walford [2]. Mientras crecía siempre tuve el sueño de viajar a las estrellas. Supongo que esperaba que al cumplir los 20 años ya habría naves espaciales que nos permitirían colonizar Marte, y que yo podría alistarme. Cuando el Proyecto Biósfera apareció en los medios de comunicación, se mencionaba también la dieta de restricción calórica (CR), así que siempre estuvo en mi subconsciente como una dieta de adelgazamiento y antienvjecimiento.

Con poco más de 20 años decidí formar una familia, y “La Leche League” [3] me enseñó la manera más sana de hacerlo. Cuando llegó la hora de destetar a mis hijos y retirarles la leche materna que les proporcionaba las conexiones neuronales más importantes, los reflejos más rápidos y un

sistema inmunitario más fuerte de lo que podría ofrecerles la tecnología actual, tuve que preocuparme por el tipo de comida más adecuada para sus organismos en crecimiento. Vivía en Eugene, Oregon, donde hay tanto apoyo a estas corrientes (con restaurantes de comida orgánica, publicaciones gratuitas sobre salud y un alto porcentaje de población preocupada por su salud) que me introduje en un nuevo mundo y en una nueva forma de ver la comida. Me di cuenta de que algunas de nuestras células se regeneran cada 6 meses y la mayoría de ellas cada 7 años, así que realmente nos convertimos en lo que comemos.

También empecé a interesarme por los fungicidas, germicidas, pesticidas, raticidas, herbicidas, antimicrobianos y de cómo se acumulan en los tejidos corporales. Leí estudios como el financiado por el National Institute for Environmental and Health Sciences [4], basado en trabajos con niños en edad preescolar de Seattle; este estudio mostraba que los niños alimentados orgánicamente presentaban en orina seis veces menos de organofósforo que los niños alimentados de forma no orgánica (debido a la exposición a pesticidas).

Así que me impuse una alimentación más sana y en base de alimentos orgánicos, pero aún así seguía pesando 93 Kg tres meses después de dar a luz a mi tercer hijo, ¡y empecé a pensar que realmente necesitaba una dieta! Después de leer todas las dietas existentes, recordé la dieta de extensión de la vida de la que había oído hablar en el Instituto. Así fue como llegué al libro *Beyond the 120 Year Diet*, del Dr. Roy Walford, cuando mi tercer hijo tenía cuatro meses. Como aún estaba dando el pecho y tenía las hormonas de adelgazamiento del posparto, perdí peso más rápido de lo que recomienda la CR. Perdí casi 39 Kg en seis meses, no obstante se recomienda que la pérdida de peso sea mucho más gradual. Uno se puede plantear perder alrededor de 18 Kg en un plazo de 2 a 4 años, o bien perder medio Kg al mes. Si no se hiciera a este ritmo, la liberación de toxinas almacenadas en los tejidos más grasos del organismo y el estrés por la pérdida de peso podrían frustrar la expectativa de vida en los últimos años [5]. Cuando comencé la dieta, utilicé software para equilibrar los nutrientes que necesitaba; empecé haciendo panecillos para mi familia (como comida de laboratorio y salpicada de chips de chocolate para hacerla atractiva para mis hijos) [6], y me di cuenta de que a medida que perdía peso tenía más energías y mi piel estaba más limpia.

A menudo, aún hoy, la gente quiere saber porqué continúo una dieta que les parece extrema; y suelo decirles que es la única dieta científicamente probada para extender la vida [7], ya que las hormonas, antioxidantes, ejercicio o una dieta alta/baja en carbohidratos no suele ser suficiente. Fre-

cuentemente piensan que tengo carencias de hierro y que pasar hambre es algo que ellos nunca harían. Les aseguro que me resulta fácil pues la CR Society es un gran apoyo, y lo hace de diferentes maneras. Recomiendo *The Anti-Aging Plan* de Roy & Lisa Walford a modo de introducción para los principiantes, aunque en *Beyond the 120 Year Diet* [5] se pueden encontrar más detalles y referencias científicas actuales.

Y conforme me iba enamorando de la ciencia y del modo de vida de la CR, cada vez veía más referencias en la cultura popular [8]. Los experimentos en curso con primates y los estudios en humanos lo convirtieron en algo real para mí. El National Institute on Aging (NIA) ha venido realizando un estudio sobre la CR desde 1987 en macacos rhesus, y en 1999 hizo pública la siguiente declaración:

Los resultados obtenidos en los estudios sobre la CR en macacos rhesus muestran que el modelo funciona de forma muy similar a la ya apreciada en roedores, reforzando por tanto la posibilidad de que los conocidos efectos de la CR sobre la expectativa de vida, las enfermedades y los procesos de envejecimiento puedan generalizarse a todas las especies [10].

Sobre el estudio del NIA, *Modern Maturity* afirma que “La incidencia de diabetes (...) se reduce drásticamente en monos sometidos a una dieta restringida. Los monos también presentan menos signos de artritis espinal, que es algo que comparten con los humanos” [9]. Estos monos presentan otros signos de reducción en el envejecimiento, como el descenso de los niveles de melatonina [10; 11]. Cuando estuve en la conferencia de la CR pude ver una presentación de los investigadores trabajando con los macacos rhesus donde explicaban lo que hacían y también cómo disfrutaban de sus nuevas condiciones de vida. Viendo la diferencia radical entre los monos que eran alimentados sin restricciones y los que estaban sometidos a reducción calórica, me pareció incluso más verdadero.

Teniendo en cuenta la “facilidad” con que se puede realizar la CR, suelo decir que para mí es importante vivir tanto como pueda. Por lo tanto, he cambiado la comida cómoda por otra más sana, como el maíz inflado, las verduras crudas o el té verde. Esto me ayuda a lograr el objetivo a largo plazo que siempre tuve en mente: mantener el cerebro tan ágil como sea posible. La CR es una forma de ayudarme a alcanzar otros objetivos; quiero vivir hasta que llegue el día en que cambiemos los 400.000 millones de dólares que invertimos en el ejército [12], y tan solo unos tres millones para la investigación anti-envejecimiento [13], por algo más adecuado para luchar y erradicar el mayor agente mortal de todos los tiempos: el envejecimiento. Hay muchos números, y en todos ellos los gastos del ejército de Estados Unidos hacen que los de cualquier otro país parezcan diminutos, incluyendo el

PIB de muchos países. En las discusiones, cuando alguien es especialmente pesimista sobre la capacidad de cambio de la sociedad actual, suelo decir que cada año hay más gente que se dedica a luchar por un replanteo de las prioridades políticas. Y esto me hace ser optimista; cuando echo un vistazo a los últimos 2.000 años de historia humana escrita, me doy cuenta que, ni siquiera con CR llegaré a ver los cambios previstos, incluida la inmortalidad. Así que me he propuesto un plan alternativo:

Aquí es cuando enseño mi chapa dorada de alerta médica mientras digo que estoy inscrita en ALCOR para que a mi muerte me congelen (en realidad, seré vitrificada, una nueva técnica que no produce ningún tipo de daño celular) [14]. Me parece mucho más atractivo que ser enterrada o convertirme en cenizas. Y a continuación explico por qué espero ver el futuro: creo que muy pronto (en unos 100 años) aprenderemos no sólo a acabar con el envejecimiento sino a invertir el proceso. También podremos disponer de copias de seguridad de nuestro cerebro que realmente nos harán inmortales si sufrimos algún accidente.

Y llegados a este punto es cuando las conversaciones con extraños, con amigos o familiares de todo tipo y lugar se ponen interesantes. La gente entiende lo de comer sano, les gusta oír algo útil que les ayude. Es fácil que alguien te crea cuando le hablas de algo que puede venir bien, pero cuando entras en el mundo de la ciencia-ficción, o en el futuro de la humanidad, es como hablar con las paredes. La expresión facial cambia y me preguntan por qué quiero vivir eternamente o por qué creo ciegamente que sea posible. Y me dicen que Dios, la evolución o el destino saben cuando vamos a morir y que es egoísta prolongar nuestra vida de forma artificial. Yo digo que la media de vida en una sociedad primitiva es de 25 años y que una persona de 40 ya es algo raro. De hecho, teniendo por escenario la naturaleza, envejecer no es natural. Una moderna adaptación de los últimos 100 años de historia humana es el hecho de que un gran porcentaje de población viva 50 ó 60 años. Por otro lado, la mayor parte de muertes se producen de otras maneras; ya no mueren tantos niños sino más ancianos. Los avances en ciencia y tecnología de los últimos 100 años ya nos están extendiendo la vida [15-17].

Esto me lleva al contraataque sobre la acusación de "egoísmo". La base de mi argumento es que extender la vida con la medicina nos ayuda a lograr más de lo que Dios, el destino o la evolución han planeado para nosotros. Es por eso por lo que se nos ha dado, o hemos desarrollado la inteligencia: para mantenernos más tiempo con vida. Cuando nos mantengamos sanos por la CR, o cualquier otra cosa que desarrollemos en el futuro, podremos trabajar más y tener más organizaciones a las que afiliarnos, sean espiri-

tuales, científicas o sin ánimo de lucro. A mí personalmente me encantaría poder donar más al Methuselah Mouse Prize para la investigación en el campo del antienvjecimiento [18]. Si el premio se pareciera más a los 363 millones de dólares que reparte la lotería en EEUU que a los 50.000 dólares con que está dotado en la actualidad, en poco tiempo acabaríamos con el envejecimiento, y si hubiera una dotación mayor habría más aspirantes al premio. Dicho premio se entregará a cualquiera que pueda invertir de forma significativa el envejecimiento en un ratón, o al menos posponerlo.

Con una vida más larga tendríamos muchas más oportunidades, como por ejemplo nuevas carreras y estudios profesionales, viajes, o la exploración de las incógnitas del universo en expansión. Las conversaciones de este tipo pueden ser muy reveladoras; resulta sorprendente lo creativa que puede ser la gente cuando se les habla del futuro.

A veces me siento consternada por el hecho de que, con la tecnología actual, mi vida será corta. No obstante, mi corazón se deleita con las epifanías que inculco a mis hijos sobre la forma en que interactúan las cosas en el mundo. Consigo estimularles cuando les explico en lenguaje sencillo (y de hecho me entienden) por qué es importante equilibrar los presupuestos nacionales, cómo facilitar cuidados sanitarios universales, cómo hay gente que aún vive oprimida, o cualquier otra cosa importante. Con la ayuda de la Unitarian Universalist Church y sus programas educativos, les enseño las religiones, las creencias de otras personas, sus historias y cómo sus culturas (y también la nuestra) están influenciadas por la religión. En el colegio aprenden también todo lo referente a los servicios a la comunidad, sobre la autoestima y sobre cómo el trabajo de gente comprometida ha logrado el cambio. Veo que mis hijos luchan para equilibrar sus ideales emergentes con lo que es "guay" según lo que se ve en los medios de comunicación contra lo que les dicta su corazón. Puede resultar insoportable para cualquiera escuchar constantemente que todo lo malo se debe corregir. Me gusta decir a mis hijos que si los 4.500 millones de años de la Tierra se representaran en un día, los 2.000 años de historia escrita no serían más que un segundo o dos, y en ese breve periodo de tiempo hemos seguido un camino de felicidad y sabiduría cada vez mayor.

Con todas estas discusiones maravillosas sobre la naturaleza del universo, casi diarias, profundas y filosóficas, lo único que intento es inculcar un poco de esperanza. Quiero crear un ambiente que pueda dar más de sí. No es sólo por hacer proselitismo (aunque me encantaría que todos nos uniéramos a la causa inmortalista); es por crear un poco de intriga en los demás, como con la información reveladora de este libro: los implantes neuronales en ratas, la memoria fotográfica de las moscas de la fruta, o los cerebros de gato congelados y devueltos a su estado normal conservando su actividad

eléctrica; y todo esto ya podemos llevarlo a cabo. Tiendo a pensar que esas "intrigas" surgirán en algún otro lugar en la conversación de otras personas, y tal vez sientan curiosidad por saber algo más. Y en ese proceso de curiosidad y conciencia interioricen cómo pueden influir en el cambio.

Cuando los más jóvenes (y los mayores que han logrado más dinero y poder) tomen conciencia sobre el modo en que se gasta el dinero en investigación y en cómo se emplea el de sus impuestos, entonces podrían votar con más conocimiento de causa para elegir a aquellos que lo hagan de forma más eficaz y por su propio beneficio. Estoy agradecida al Immortality Institute por haber nacido como forma de ayudar a cambiar el modo en que se emplea ese dinero. Puede que algún día podamos apoyar a nuestros propios candidatos inmortalistas, y a las contribuciones del exterior, ampliando los campos científico y tecnológico y acabar con el envejecimiento. Sé que la mayoría de la gente que conozco que ya son inmortalistas, no se han unido al movimiento por sentirse jóvenes en cuerpos de ancianos preguntándose qué ha pasado. Es por esta razón por la que digo a tanta gente que traten de ampliar la conciencia en las nuevas generaciones, y es la razón por la que mis hijos están siendo educados en la naturalidad del transhumanismo (abiertos a lo que podemos llegar a convertirnos).

Si le preguntas a mi espabilada hija de 7 años lo que piensa sobre la inmortalidad, empezará a hablar sin miedo sobre todo aquello que podría hacer si su cuerpo fuera el de un robot. Mi hijo de 4 años, con una imaginación desbordante, te dirá que quiere ser científico para descubrir la forma de acabar con el envejecimiento porque no quiere morir nunca. Y la más pequeña, de dos años y rostro angelical, abraza y besa a todo el mundo; por la forma en que comparte su comida, sus juguetes y por sus ganas de vivir me recuerda el instinto básico de sentir placer ayudando a los demás.

Este libro es estimulante en su campo y en sus predicciones. La mejor forma de predecir el futuro es ayudar a crearlo. Espero que todo lo que lean aquí les toque la fibra de optimismo que todos llevamos en la conciencia del mismo modo que nos apresuramos por dejar atrás nuestra infancia para comprender cual es nuestro lugar en el universo.

## REFERENCIAS

- 1) <http://www.calorierestriction.org>
- 2) <http://walford.com/biosphere.htm>
- 3) <http://www.lalecheleague.org>

- 4) Curl, Cynthia L & Fenske, Richard A & Elgethun, Kai; "Organophosphorus Pesticide Exposure of Urban and Suburban Preschool Children with Organic and Conventional Diets?" en: *National Institute for Environmental and Health Sciences Journal* (2003, Vol. 111, pág. 3)
- 5) Walford, Roy; *Beyond the 120 Year Diet*, (2000); pág. 78–80
- 6) Una buena página para seguir la pista a temas relacionados con nutrición y dietas es <http://nutritiondata.com> En <http://recipes.calorierestriction.org> hay algunas recetas de CR, incluida la de los bollos de tamaño industrial
- 7) El estudio original que descubrió que la restricción calórica ampliaba la vida animal es: McCay CM, et al.; "The effect of retarded growth upon the length of life span and upon the ultimate body size" en *Journal of Nutrition*, (1935, 10(1)) pág. 63–79
- 8) Taubes, G; "The Famine of Youth" en *Scientific American* (June 2000)
- 9) Warshofsky F; "The Methuselah Factor" en *Modern Maturity* (1999, noviembre-diciembre)
- 10) Roth GS; "Dietary caloric restriction prevents the age-related decline in plasma melatonin levels of rhesus monkeys" en *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, (2001, July, Vol. 86(7)), pág. 3292–5
- 11) Para todos aquellos que estén interesados en la información técnica y de referencia más actual sobre la CR, recomiendo: Edward J. Masoro; *Caloric Restriction: A Key to Understanding and Modulating Aging* (2002) Elsevier Health Sciences
- 12) Hellman, Christopher; *The Center for Defense Information's FY2004 Discretionary Budget*, <http://www.cdi.org/budget/2004/discretionary.cfm>
- 13) Ellis, Joseph; *The proposed NIA FY2004 Budget and NIA salary information*; [http://www.nia.nih.gov/fy2004\\_congress/ftes.htm](http://www.nia.nih.gov/fy2004_congress/ftes.htm)
- 14) <http://www.alcor.org>
- 15) Olshansky, Jay S & Carnes, Bruce A; *The Quest For Immortality: Science at the Frontiers of Aging* (2001), Norton & Company
- 16) Perry, Michael R; *Forever For All: Moral Philosophy, Cryonics, and the Scientific Prospects for Immortality*; (2000) Universal Publishers
- 17) Bova, Ben; *Immortality: How Science is Extending Your Life Span and Changing the World* (2000); Avon books
- 18) Various; The Methuselah Foundation: Longitude Prize (2004) Society; [www.methuselahmouse.org](http://www.methuselahmouse.org)

## ALGUNOS PROBLEMAS CON EL INMORTALISMO

BEN BEST

*En la tierra de Oden / Hay una montaña / Que se  
eleva a miles de metros de altura. / Una vez cada  
millón de años / Un pajarillo se acerca volando  
/ Para afilar su pico en la montaña. / Y cuando  
esa montaña / Sólo sea un valle / Eso para la  
Eternidad será... / Sólo un día.*

Oí esta canción en inglés cuando estaba en mi segundo año de Universidad. Es una traducción de una canción popular austríaca que todavía me conmueve. Desde que era un crío, siempre he ansiado vivir eones, y todo cuanto hace referencia a la prolongación del tiempo ejerce un poder hipnótico sobre mí. Mucho antes de haber oído hablar de criónica, tenía una vida muy fantasiosa y me imaginaba siendo el único sobreviviente de la humanidad después de que la Tierra se hubiera convertido en un infierno de volcanes y fuego. Pero, a pesar de que no existen límites con respecto al tiempo que deseo vivir, creo que existen buenas razones para creer que el inmortalismo es un objetivo irreal, además de autocomplaciente. Las palabras "para siempre" no implican un período de tiempo muy largo, sino una eternidad, y eso va más allá de la concepción realista.

Podemos aplicar modelos matemáticos en un tiempo infinito para hacer ciertas estimaciones: preferiría que me dieran un dólar hoy a que me lo dieran dentro de un año. De igual forma, el valor de estar vivo el año que viene es para mí mucho mayor que el de estar vivo al siguiente, y mucho más que estar vivo dentro de cien años. El valor presente del dinero puede compararse a su valor futuro si lo elegimos en el presente o en el futuro, y se excluyen el uno al otro. Una elección excluyente no puede aplicarse a la vida presente ya que estar vivo en el futuro depende precisamente de la existencia de la vida presente (la principal razón por la cual debe darse mayor importancia a la vida en el presente). No obstante, pueden producirse ciertas variaciones en el valor de estar vivo en el día de hoy.

Digamos que, para mí, vivir en el 2005 tiene un 98% de importancia con respecto a estar vivo en el 2004; de este modo puedo calcular el valor de la inmortalidad de la siguiente forma:

$$\sum_{n=0}^{\infty} 0,98^N = 1 / (1 - 0.98) = 50$$

Es decir, valoro la inmortalidad sólo 50 veces más que estar vivo durante otro año. Si esto no parece razonable pregúntese a sí mismo: "Estar vivo durante un año a la edad de 100 años, ¿es realmente tan importante como estarlo a la edad de 1.000 o de un millón?" Debe ser que los hechos del futuro, incluso el de estar vivo, tienen menos importancia o urgencia personal que los hechos del presente.

Para ser aún más contundentes; si supiera con seguridad que a la edad de un millón de años sería eliminado sin ninguna esperanza de vida mayor, ¿sería este hecho más trágico que si sucediera a los diez millones de años? ¿O a los diez mil millones? ¿O a los diez trillones? Incluso después de diez cuatrillones de años, no podríamos saber si hemos alcanzado ya la inmortalidad porque eso nos tomaría una eternidad.

Imagine que tiene un millón de dólares y que va a emplearlos en asegurar su supervivencia en cualquier año determinado. Si emplea todo ese dinero en sobrevivir sólo el año siguiente, las oportunidades serían muy buenas pero tal vez no lo fueran para el año siguiente. Por el contrario, si empleamos un dólar al año para sobrevivir durante un millón de años nos resultaría difícil incluso pasar un año con tan solo un dólar para comida, alquiler, medicamentos, seguridad, etc. Empleando más dinero en las próximas décadas aumentamos la posibilidad de ganar más dinero para invertirlo en las décadas siguientes. Esta analogía con el dinero deberíamos aplicarla también a la dedicación y a otros esfuerzos que también son necesarios para ampliar la vida.

Conocí a un "inmortalista" que discutía muy acaloradamente conmigo cuando le sugería que la inmortalidad física, probablemente no era posible ni merecía que se le prestara atención y que, por tanto, él no debería ocuparse de los trámites burocráticos criónicos (mejor que se preocupara por cuestiones filosóficas). Aunque muchos defensores de la inmortalidad física han hecho todos los trámites, yo sigo pensando que poner tanto empeño en la inmortalidad física está fuera de lugar; es preferible prevenirse de lo apremiante. Incluso si nuestra propia supervivencia inmediata no estuviera en peligro, sí que hay peligro para otros (y al final también para uno mismo) si no se presta atención a los problemas reales y nos perdemos en ensueños futuras, eso sí, mucho más caprichosas y entretenidas. En cuanto a las prioridades, creo que resolver las disposiciones criónicas y avanzar para

asegurar que se lleven a cabo es un buen primer paso. Sería bueno trabajar para ampliar la vida al máximo, pero sólo después de que se haya dedicado suficiente atención al tratamiento y prevención del cáncer, de las enfermedades cardiovasculares y de los accidentes fatales. Otra forma de hacer las cosas mal es poner demasiado empeño en lo previo y olvidar lo posterior. Un ejemplo muy triste al respecto es Frank Cole, investigador en medicina antienviejimiento y practicante de la restricción calórica. También planificó las disposiciones crónicas y fue técnico de traslados de ALCOR, pero murió en el norte de África como consecuencia de una exposición a demasiados riesgos en su deseo de "enfrentarse a la muerte". Por lo tanto, deberíamos dar la mayor prioridad a todo lo que respecta a la seguridad inmediata.

Otro problema importante con el inmortalismo es que se opone a la religión. No es una afrenta a la religión hablar de una vida de 100 años o incluso de 1.000; después de todo, se dice que Matusalén vivió 969 años. Decir que una vida de 1.000 años es una afrenta a Dios sería insultar a Dios (si es que existe), porque ¿qué son 1.000 años o un millón comparados con la Eternidad?

Si los seres humanos estuviéramos a salvo de sufrir enfermedades y senescencia, las únicas causas de muerte serían los accidentes, los asesinatos y el suicidio. Bajo tales circunstancias, se estima que de una población de mil millones de habitantes, un adolescente de 12 años tendría una esperanza de vida de 1.200 años y un máximo de 25.000 (es decir, uno entre un millón, viviría 25.000 años). Así, puedo decir que mi objetivo es vivir mil años. Esto no significa que no me gustaría vivir más, pero me centraré en mi objetivo. De este modo vemos que tanto la crónica como la ciencia antienviejimiento son meras extensiones de la medicina, más que un desafío a la religión (los pacientes crónicos no han muerto, sólo permanecen inanimados). En términos prácticos, tiene menos probabilidades de morir en manos de un médico reaccionario alguien que dice simplemente quiere prolongar su vida que alguien que pretende ser inmortalista y que, por lo tanto, puede ser visto como un blasfemo.

Cuantos más cronicistas puedan presentarse a sí mismos como partidarios de la extensión de la vida en lugar de inmortalistas, mejores oportunidades habrá de que se acepte la crónica con naturalidad, o al menos de que sea tolerada por la medicina, la religión y la sociedad. Por tanto, cuanto mayor aceptación tenga, mejores oportunidades de sobrevivir tendremos.

Algunos cuestionan que la inmortalidad sea posible debido a hechos como la extinción del sol, la muerte del universo y la descomposición de protones. Me parece complicado dar importancia, ni siquiera teórica, a tales asuntos. Los más inmediatos para nuestra supervivencia son mantenernos

vivos tanto como sea posible, eliminar el envejecimiento y las enfermedades, y asegurarnos que la criónica funcione. Si podemos resolver estos problemas tendremos cientos o miles de años para pensar en otras amenazas. Si no podemos, los otros problemas son irrelevantes. Si dentro de 200 años estoy vivo y en condiciones saludables, los problemas más complicados de la mortalidad se habrán resuelto, y las oportunidades de encontrar modos de asegurar la supervivencia durante otros 800 años serán triviales en comparación.

No obtendremos muchos beneficios preocupándonos por lo que vendrá después de esos 1.000 años. No podemos comprender lo que nos depara el futuro ni las condiciones de vida y supervivencia que tendremos entonces, así que intentándolo, lo único que haremos será malgastar esfuerzos. Los objetivos de supervivencia más inmediatos son vivir durante más tiempo, ya sea para beneficiarnos de la inversión del envejecimiento gracias a la tecnología o para llegar a ver la reversibilidad de la animación suspendida del cerebro. Y eso podría ocurrir en cualquier momento en los próximos 10 ó 15 años.

Para aquellos que sobrevivan a los próximos 50 años, durante los cuales se prevé acabar con el envejecimiento (al menos eso creo), el siguiente reto será sobrevivir a las muertes accidentales y aprender a vivir seguros. Justo después habrá que evitar la muerte por asesinato, ya que los avances de la ciencia siempre incluirán el poder de algunas personas para aniquilar a otras de formas cada vez más sofisticadas. El siguiente problema será la autoaniquilación por transformación. A medida que la gente se mejore con fármacos inteligentes, complementos biológicos, hardware computacional y de comunicaciones, migración a otras plataformas, etc., podría perder con facilidad su "yo" en el proceso.

Si bien es cierto que, cuanto más vivimos más hábiles nos volvemos para sobrevivir, también es cierto que sólo necesitamos ser víctimas de un asesinato o de un accidente para ser eliminados de forma permanente. Sin embargo, aunque vayamos disminuyendo la probabilidad, es inevitable un hecho de fatales consecuencias después de un tiempo.

¿Ganamos algo intentando enfrentarnos hoy a los problemas de supervivencia que nos acecharán dentro de un milenio? ¿No tenemos ya suficientes problemas a los que enfrentarnos sin necesidad de presentarnos como enemigos de la religión? Concentrémonos en prolongar nuestras vidas lo suficiente como para poder dar el siguiente paso o no habrá más pasos que dar. Hagámonos entonces, antes que "inmortalistas", defensores de la extensión de la vida, intentando sobrevivir los próximos mil años.

# UNA INTRODUCCIÓN A LA MORALIDAD INMORTALISTA

MARC GEDDES

El deseo de inmortalidad es uno de los sueños más profundos e imperecederos de la humanidad. Pero, ¿es un sueño noble? Las tecnologías avanzadas, como la biotecnología y la infotecnología, parecen ser grandes promesas a la hora de ampliar la expectativa de vida y restablecer la juventud en algún momento de un futuro no tan lejano. Pero, incluso si asumimos que la prolongación radical de la vida fuera posible, algunos encontrarían la idea como preocupante. Hay filósofos que dicen que la búsqueda de la inmortalidad es moralmente errónea porque debemos aceptar el envejecimiento y la muerte como elementos necesarios de la vida. En este ensayo, presento un argumento en contra de esta afirmación. Se dirá que no sólo la búsqueda de la inmortalidad es moralmente acertada, sino que es de hecho ¡el fundamento básico de la moralidad!

## TEORÍA MORAL

Cualquier teoría moral tiene que comenzar en algún punto. Empezaremos con lo que conocemos como "intuicionismo moral". El intuicionismo moral es la idea de que algunos preceptos morales se comprenden gracias a la conciencia consciente directa más que por argumentos lógicos. Apelando por tanto a la intuición del lector, el precepto inicial es muy sencillo: "la vida es mejor que la muerte".

¿Puede demostrarse lógicamente que la vida es mejor que la muerte? La pregunta admite debate, pero no es necesario iniciarlo, ya que todos los lectores estarán de acuerdo en que es una buena premisa inicial. No hay que estar de acuerdo en que, en todas las circunstancias, la vida es mejor que la muerte; en algunas ocasiones puede ser preferible morir. Todo lo que se dice es que, en general, la vida es mejor que la muerte, y la mayoría seguramente estará de acuerdo con esta afirmación; de hecho, la preferencia por la vida parece ser universal en la cultura humana. Es casi universal la celebración de nacimientos y el pesar por las muertes.

Apliquemos ahora la idea de que la vida es en general mejor que la muerte a la cuestión ética de la prolongación de la vida. Supongamos que en algún

momento en el futuro, la ciencia encontrará alguna forma de erradicar el envejecimiento y la enfermedad de manera que, exceptuando los accidentes o la violencia, una persona pudiera vivir indefinidamente. Supongamos también que la ciencia no sólo puede prolongarnos la vida, sino también revertir por completo cualquier incapacidad y síntoma derivados del envejecimiento, de forma que todos podamos disfrutar del vigor de los 20 años de edad. Dejando a un lado por ahora la pregunta de si es posible o no, lo que nos preguntamos es si sería ético o no vivir una eterna juventud. ¿Cuánto querrías vivir si tuvieras la oportunidad de vivir de forma saludable?

Se presentan una serie de posibles objeciones a la oferta de la eterna juventud. Estas objeciones se pueden dividir en dos categorías: filosóficas y prácticas. Las prácticas incluirían el problema de la población, la escasez de recursos, la contaminación ambiental, el hecho de que la eterna juventud sólo estuviera al alcance de los más ricos, y la acumulación de riquezas y poder por un grupo de inmortales de élite.

No vamos a detenernos ahora en los miles de problemas prácticos que podría causar la prolongación radical de la vida; simplemente haremos constar que la historia sugiere que casi todos los avances científicos o tecnológicos provocaron nuevos problemas prácticos (citemos a Internet, como ejemplo). En el caso de la extensión radical de la vida es realmente razonable asumir que si algo así pudiera llegar a suceder, crearía algunos problemas pero todos ellos tendrían solución. Hemos de examinar las razones filosóficas que sustentan el deseo de prolongar la vida. Si descubrimos que existen poderosas razones éticas para prolongar la vida, significará que estaríamos más seguros de que esta ampliación ofrecerá un balance positivo, a pesar de los problemas que surjan de ella.

Mientras que la mayoría de la gente aceptaría que, en general la vida es mejor que la muerte, hemos de tener en cuenta si esto sólo será cierto en un período de tiempo limitado. Tal vez la vida es mejor que la muerte durante un instante, pero luego esta premisa deja de ser cierta. ¿Hay un límite para la afirmación de que la vida es mejor que la muerte? Es difícil ver por qué podría ser así. Si hay un límite de tiempo, ¿dónde está? Si crees que vivir hasta los 100 años gozando de buena salud es mejor que vivir hasta los 50, entonces ¿por qué vivir hasta los 200 no sería mejor que vivir hasta los 100? ¿Y por qué quedarnos en los 200? ¿Por qué no continuar hasta los 500? Y si nos hace felices vivir hasta los 500, ¿por qué no hasta un millón de años, o incluso para siempre?

Una objeción filosófica es la preocupación por el hecho de que cuanto más vivamos menos valoraremos el tiempo. Después de todo, un principio económico básico es el de que el valor de un recurso tiende a incrementarse a

medida que éste escasea. ¿Valoraríamos menos un momento si viviéramos más? Otra preocupación es que la gente pueda pensar que su deseo de prolongar la vida es en cierto modo egoísta. ¿Se convertirían en seres egocéntricos y narcisistas estos inmortales incipientes?

Ahora se podría decir que tanto las objeciones filosóficas como las prácticas no tienen ningún mérito. Se verá que no sólo la lucha por una vida más larga aumenta el valor de cada momento, sino que también aumenta la motivación del comportamiento moral.

## VALORAR UNA EXPECTATIVA DE VIDA INFINITA

El primer paso es consecuencia del hecho de que la continuidad de nuestra vida requiere esfuerzo tanto en un nivel individual como social. Esta continuidad no está garantizada y existen necesidades básicas de supervivencia: los humanos necesitan aire, agua, comida y refugio como mínimos absolutos. Hemos de tomar medidas para garantizar la supervivencia, porque estar vivo da trabajo; en todo momento, los seres sensibles tienen que elegir. Algunas de las elecciones que tomamos perjudicarán las oportunidades de supervivencia; por el contrario, otras las aumentarán. Dado que la vida es mejor que la muerte, parece que las elecciones que perjudiquen a las oportunidades de supervivencia serán malas, mientras que las otras, serán buenas.

Está claro de todos modos, que centrarnos sólo en la supervivencia a corto plazo no nos conduce a otro comportamiento ético. Por ejemplo, podemos robarle a alguien la cartera. Si dentro de ella hubiera un montón de dinero, nuestras perspectivas de supervivencia a corto plazo mejorarían enormemente, aunque pocos considerarían esto como un comportamiento moral.

Pero, ¿por qué debería ser nuestro objetivo la supervivencia a corto plazo? Por ejemplo, robar la cartera de alguien es un comportamiento que favorecería la supervivencia a corto plazo, pero tal comportamiento, ¿no reduciría las posibilidades de supervivencia a largo plazo? Imaginemos, que todos viviéramos de un modo primitivo, intentando aprovecharnos de los demás. En un pasado distante, la vida social era algo muy parecido a eso. Pequeñas tribus pasaban el tiempo luchando con otras, y las violaciones y saqueos eran su modus operandi predilecto. Este estado de precivilización se conoce como "Hobbesiano" a partir de las ideas del filósofo y político Thomas Hobbes.

Hobbes decía que aceptar las limitaciones de nuestro comportamiento era la principal ventaja a largo plazo; la gente siempre podría robar si tuviera la suficiente determinación para hacerlo. Si un sujeto A roba a otro sujeto

B, los amigos furiosos del sujeto B contraatacarían. Si uno se comporta mal con la gente, es más que probable que la gente se comporte mal con uno: Tit for Tat (ojo por ojo). La idea del "contrato social" proviene de Hobbes y Locke [1]. Un contrato es un acuerdo formal o informal según el cual las partes se comprometen, de modo recíproco, a reconocerse varias obligaciones. En el caso de un "contrato social", la idea es que todos los miembros de una sociedad acuerdan implícitamente actuar según una serie de reglas ya que, a largo plazo, el hombre que practica el juego limpio será mejor persona que el que viva en un mundo anárquico "Hobbesiano". Estas ideas son la base de la filosofía política, conocida como "Contractualismo".

Las personas racionales comprenden que las acciones tienen consecuencias. Una vida sustentada en el delito podría ayudar a corto plazo, pero a largo plazo, el resultado de estas artimañas sería el asesinato o la encarcelación. El hecho de que reconozcamos esto como interés a largo plazo para respetar a los demás, nos lleva a comportarnos moralmente. Cuando respetamos los derechos de otras personas, estas se muestran más cooperativas con nosotros para el beneficio mutuo. Desde luego, para que esto funcione, la gente ha de aprender a diferenciar las ganancias a corto plazo de los beneficios a largo plazo. El punto crítico es ser conscientes de que tenemos un futuro. La gente es más proclive a comportarse moralmente cuando comprende que tendrá que enfrentarse a las consecuencias de sus actos en el futuro. Cuanto más lejano sea el futuro que planeemos, mejor comportamiento moral habrá. La gente que vive un período de tiempo breve, no tiene que experimentar las consecuencias futuras de sus actos; unas vidas más largas reducirían la tensión entre el individuo y la sociedad.

Hasta ahora, tal vez no se ha reconocido adecuadamente el hecho de que el comportamiento moral es producto de la capacidad de planear el futuro. Los biólogos evolutivos han tratado de comprender el comportamiento moral altruista, en términos de las posibles ventajas que podría proporcionar a la supervivencia. Pero el comportamiento moral no puede explicarse teniendo en cuenta sólo el corto plazo.

En un artículo reciente en Nature [2], se propuso un dilema moral. Se pedía a dos sujetos que repartieran una cantidad de dinero, digamos 100 dólares, de la siguiente manera: uno de los dos individuos decide la cantidad que va a percibir cada uno y el otro debe aceptar o ninguno de los dos recibirá el dinero. Sólo juegan una vez. Si A decide que él se queda con 95 dólares y sólo ofrece 5 a B, puede parecer lógico que B acepte. Después de todo, B recibirá algo si aceptase y nada si no aceptase. Pero cuando este juego se lleva a cabo en la vida real, la gente rehúsa aceptar repartos demasiado desiguales, privándose de obtener ganancias personales para perjudicar al otro.

El comportamiento moral sólo es ventajoso cuando se puede jugar muchas veces (“juego iterado”). Después de varias partidas, lo lógico es que una persona que recibe un reparto injusto, no lo acepte, y que la persona que hace el reparto, sea más equitativa. Esto es porque se sabe que la estrategia óptima para interactuar entre dos partes a largo plazo es simple: Tit for Tat. El éxito de la estrategia del Tit for Tat fue descubierto en una competición informática en red en 1981. La competición consistía en buscar una solución para el dilema moral conocido como “el dilema del prisionero”.

De aquí podemos sacar una enseñanza. En el mundo real, ser amable con los demás sólo supone una ventaja a largo plazo. De hecho, la moralidad sólo sería perfectamente lógica si viviéramos eternamente; hemos de quedarnos aquí el tiempo suficiente como para cosechar las consecuencias de nuestros actos. Cuando los humanos actúan moralmente, en cierto modo están actuando como si fueran inmortales. Podemos suponer que la moralidad humana se explica en parte por la singularidad del sentido del tiempo. Sólo los seres sensibles, capaces de pensar racionalmente, pueden planear el futuro, y sólo ellos pueden comprender que el mundo seguirá adelante sin ellos. Los humanos actúan de forma moral porque, en su imaginación, pueden considerar lo que la gente pensaría de ellos si vivieran en cualquier punto del futuro, ya sea dentro de 5 minutos o de 5 siglos.

Tengamos también en cuenta la cuestión del valor de los momentos en la vida de cada uno. El tiempo no es un activo ordinario; una persona que disponga de más tiempo puede planear un futuro más distante. Hay más opciones en el presente, ya que algunas de las cosas que una persona puede hacer en el presente sólo llegarían a su fin a largo plazo. Una persona con más opciones tiene, por definición, más libertad, y un mayor número de objetivos entre los que elegir. Así, cuanto más viva una persona, mayor valor potencial tendrá cada momento.

Hemos dado poderosas razones para creer que la vida es, en general, mejor que la muerte, sin importar cuánto viva un individuo. En primer lugar, el valor potencial de cada momento aumenta a medida que la persona vive. En segundo lugar, cuanto más espera vivir una persona, más motivos tiene para comportarse moralmente. Esto parecería resolver la justificación ética para la extensión de la vida: la prolongación de la vida es moralmente buena. Dado que estos argumentos se aplican en cualquier período de tiempo, cuanto más tiempo pueda vivir potencialmente un individuo, mayores beneficios habrá. Por tanto, luchar por la inmortalidad es, en realidad, un imperativo ético. Si una persona realmente inmortal vive un tiempo infinito, parece que la inmortalidad es en cierto modo un bien infinito. Sería por tanto razonable pensar que la búsqueda de la inmortalidad es el último imperativo moral.

Llamemos a esto la "moralidad inmortalista". Basamos toda la ética en la "afirmación de la vida"; se entiende que es moralmente bueno que seres sensibles se pronuncien en favor de la vida; y si algo resulta perjudicial para la vida, será moralmente malo. ¿Por qué no hacer que la moralidad inmortalista sea la base fundamental de nuestro sistema de valores?

Es importante apreciar que la moralidad y la legalidad son dos cosas diferentes. Existe cierto peligro con algún sistema ético si se quiere imponer esta moral, pero el problema aquí es la tolerancia. No se ha dicho que las leyes obvien la base de la "moralidad inmortalista", aunque podría servir de guía a la hora de formular políticas sociales en algunos temas.

Un alto número de filósofos ha tratado de idear sistemas éticos a partir de la vida como fundamento básico de la moral. Ayn Rand basó su teoría del Objetivismo sobre la idea de que la vida del individuo es su valor máspreciado. El teólogo y humanista alemán Dr. Albert Schweitzer escribió:

La afirmación de la vida es el acto espiritual por el cual el hombre deja de vivir de forma irreflexiva y comienza a dedicarse a su propia vida con reverencia, para alcanzar su valor real. Afirmar la vida es profundizar, interiorizar y exaltar el deseo de vivir. De igual forma, el hombre que se ha convertido en un ser racional, siente el imperativo de dar a cada deseo de vivir la misma intensidad que se imprime a sí mismo, de tomárselo tan a pecho como se toma su propia vida. Experimenta esa otra vida en su interior, y acepta como bueno preservar la vida, promoverla, alcanzar su mayor valor de desarrollo y al máximo nivel posible; y como malo, destruir la vida, perjudicarla, reprimir la vida que puede desarrollarse. Este es el principio absoluto y fundamental de la moral, y es una necesidad del pensamiento [3].

La existencia de determinados factores, a los que concedemos más importancia que a la supervivencia en sí, supone la objeción principal a la idea de que la ética se deriva del objetivo de la misma. Una vez que hemos cubierto nuestras necesidades físicas, aún tenemos deseos que pueden entrar en conflicto con nuestra supervivencia. Y además de los deseos físicos, tenemos objetivos emocionales e intelectuales. ¿No es mejor considerar la supervivencia como uno más de otros muchos valores y la ética como una preferencia entre las múltiples opciones?

Es importante entender que muchos de nuestros deseos son consecuencia de la evolución. La psicología evolutiva estudia la forma en que las acciones humanas son resultado de impulsos biológicos que se desarrollaron porque proporcionaban una ventaja evolutiva. Por ejemplo, nuestras emociones y pensamientos colaboran indirectamente con los propósitos de supervivencia. Las emociones nos permiten sentir cierta empatía con otras personas, ayudándonos a cooperar con los demás. Las destrezas sociales

proporcionan una ventaja de supervivencia. Y el pensamiento racional es una herramienta de supervivencia, ya que podemos aplicar el pensamiento abstracto para comprender y predecir cómo funciona el mundo. Desde el arte hasta los sistemas filosóficos pueden servir para afirmar la vida, y hemos llegado a valorarlos por sí mismos; aunque llegaron por casualidad, permanecen porque proporcionaron una ventaja evolutiva para los humanos. Por supuesto que eran genes lo que la evolución seleccionaba y no la prolongación de vidas individuales, pero las necesidades de supervivencia tendían a ajustarse a las reproductivas. Por tanto, hacer de la supervivencia el primer objetivo, no tiene por qué chocar con todo aquello que queramos valorar también. La moral inmortalista se basa en que todo lo que merece un valor proviene de la búsqueda de la inmortalidad.

## ESTANCAMIENTO

La objeción filosófica más común a la extensión radical de la vida es que la vida demasiado larga sería muy aburrida. ¿Quizás nos quedemos sin cosas interesantes que hacer? ¿Acabaríamos en un mundo estático donde no habría nada nuevo bajo el sol? Aquí afirmamos lo contrario. Si todo lo que merece un valor proviene de la búsqueda de la inmortalidad, entonces una vida muy larga sería de hecho mucho más interesante y plena. ¿Cómo?

Lo primero que hemos de decir es que una vez que la tecnología esté lo suficientemente desarrollada como para extender radicalmente la esperanza de vida, es probable que esta tecnología también esté lo suficientemente avanzada como para modificar las mentes y los cuerpos de aquellos que lo deseen. Por ejemplo, uno puede imaginarse “fármacos actualizadores del cerebro” para evitar que los cerebros se vuelvan demasiado rígidos. La gente que viva en el futuro debería ser capaz de modificar el cuerpo y sus personalidades con la misma facilidad con que hoy se cambia de ropa. El hecho de que algunas personas que viven en la actualidad se cansen de su vida es más probablemente un problema práctico y biológico que filosófico.

## IDENTIDAD

Aquí aparece otro asunto filosófico. A algunas personas podría preocuparles la duda de saber si el hecho de vivir mucho tiempo implicaría dejar de ser uno mismo y convertirse en otra persona. Después de todo, ¿qué es exactamente el “yo”? El astrónomo Martín Rees manifestó tal preocupación:

Me he reconciliado con la extinción –perder toda conciencia y pudrirme físicamente–. Ciertamente creo que deberíamos agradecer la fugacidad de nuestras vidas. La inmortalidad individual sería perjudicial para el posterior desarrollo de la vida, a menos que podamos transformarnos mental y físicamente en algo diferente a lo que somos ahora, siendo que las entidades transformadas ya no serían realmente “nosotros”. Si la tecnología me permitiera trascender a esas limitaciones, sería la misma persona en el sentido de que conservaría ciertos recuerdos de mi vida anterior. Pero, incluso con la duración actual de la vida, no está claro cuánto de la personalidad se preserva realmente. Cada uno de nosotros es un “manejo de sensaciones” entretejidas como si fuera una hebra continua, o una línea que se demarca en el mundo [4].

La idea de que somos un “manejo de sensaciones” proviene del filósofo David Hume, pero otros filósofos, como el transhumanista extropiano Max More, no estarían de acuerdo según el concepto del “yo” pleno [5]. La filosofía y la ciencia de la mente no están lo suficientemente avanzadas como para dar una respuesta a la pregunta de qué es el “yo”. Mientras que un ser vivo conserve recuerdos de su pasado, existirá una conexión entre el “yo” pasado y el “yo” presente que será suficiente para conservar el mismo sentido del “yo”. Para recordar nuestro pasado, el “yo” del presente ha de ser “retrospectivamente compatible” con todos los “yo” pasados.

Una preocupación al respecto es saber si una persona muy longeva dejaría, en algún modo, de ser humana. La naturaleza humana en sí misma no es rígida. Los seres humanos se han reinventado constantemente por medio de cambios culturales y avances tecnológicos según el filósofo transhumanista Nick Bostrom [6]. Incluso, si fuera cierto que alguien que viviera cientos de años comenzara a transformarse en una entidad diferente, ¿por qué tendríamos que tener miedo? Después de todo, un hombre a los 20 años es bastante diferente a cuando tenía 5; y a los 60 es bastante distinto a cuando tenía 20. Pero lo que hace a la vida realmente interesante y nos da la oportunidad de conseguir algo mejor es el potencial para cambiar. Y tengamos en cuenta la alternativa: la muerte. ¿No habíamos quedado de acuerdo en que la vida es mejor que la muerte en términos generales? ¡Pues entonces, será mejor evolucionar, que morir!

## RELIGIÓN

Algunos podrían objetar que la búsqueda de la inmortalidad se opone a la religión. Se dice que una vida extremadamente larga es en cierto modo antinatural, que va “en contra de los planes de Dios”. Los principales aliados de la búsqueda de la inmortalidad son los judíos. En el judaísmo, la mayor

metáfora es la que reza que “Dios es la Vida”. El judaísmo puede ser la religión más compatible con la “moralidad inmortalista”. En un congreso en 1999 sobre la prolongación de la vida, el rabino Neil Gillman declaró lo siguiente:

No hay redención en la muerte. La muerte es incoherente, es absurda.

Preguntaron al rabino si la tradición judía aprobaría la prolongación de la vida humana en veinte años. “Sí”, respondió. ¿Cuarenta años? “Sí”. ¿Cien años? “Sí”. Para él, la prolongación indefinida de la vida es un bien moral [7].

## MOTIVACIÓN

¿Qué motivaría a la gente muy longeva a seguir luchando por crear cosas nuevas y explorar nuevas áreas? La premisa moral básica de la que hemos estado hablando: el deseo de supervivencia. Un proceso en curso es un viaje, no un destino. Si la inmortalidad fuera algo que alcanzáramos en algún momento, no podría ser durante más tiempo el fundamento de la ética. Pero no importa cuánto avance nuestra ciencia o nuestra tecnología porque es poco probable que la continuación de nuestra propia vida pueda garantizarse. Teóricamente sería posible vivir para siempre, pero esto implicaría la resolución constante de nuevos problemas y la superación de nuevos retos. Podríamos pensar en una expectativa de vida infinita, garantizada como una especie de límite matemático a la que pudiéramos tender cada vez más, pero que nunca llegaríamos a alcanzar. Cada nuevo avance científico disminuiría el riesgo de muerte, pero la búsqueda de la inmortalidad continuará para siempre.

¿Serán capaces de correr riesgos aquellos que adopten una moral inmortalista? La respuesta es sí, ya que la gente ha de correr algunos riesgos para sobrevivir. No hay paradoja entre querer vivir durante mucho tiempo y correr algunos riesgos a corto plazo. Para asegurarnos beneficios a largo plazo, hemos de correr algunos riesgos a corto plazo. Por ejemplo, una persona no se levantaría de la cama cada mañana si estuviera tratando de maximizar sus opciones de supervivencia a corto plazo. En cualquier caso, si pensamos a más largo plazo, podemos determinar que la acción racional sería asumir riesgos, levantarse y salir a la calle para lograr nuestros objetivos. Es la única forma de hacer que los extremos se toquen y sobrevivir a largo plazo. Es importante destacar que estar vivo requiere de un esfuerzo constante, y que la inmortalidad no es un destino, sino un viaje.

## EGOÍSMO

Aún tenemos que considerar otro aspecto; la inmortalidad como imperativo moral fundamental no ha de ser interpretada en un sentido puramente egoísta. Es decir, no se dice que la supervivencia del individuo sea lo principal en todo momento. También podemos permitir que las vidas de otros sean más importantes, según sean las circunstancias. Es perfectamente normal correr riesgos para favorecer la supervivencia de los demás. A lo largo de toda la historia, exploradores y soldados pusieron sus vidas al servicio de los demás. En algunas circunstancias, practicar el altruismo y sacrificar nuestra propia vida para que los demás puedan vivir, puede ser una forma de afirmar la vida. Por tanto, está claro que la moralidad del inmortalismo no es totalmente egoísta.

También responde esto a la objeción de que la oportunidad de extender la vida radicalmente es tan baja que no merece ser tenida en cuenta aún. Algunos podrán decir que es mejor no perder el tiempo en un objetivo tan poco probable mientras aún existan, aquí y ahora, tantos problemas para resolver. Pero nuestra propia oportunidad de éxito no tiene nada que ver con que la extensión de la vida sea un buen objetivo o no. Incluso si morimos mucho antes de que los avances científicos encuentren una cura para el envejecimiento, el objetivo es bueno en tanto estemos ayudando a los demás a lograrlo.

Es interesante destacar que los fundamentos de la moralidad se pueden falsear empíricamente. Tal vez no se puede demostrar que la búsqueda de la inmortalidad sea el valor último, pero sí se puede rebatir. Si en algún momento la ciencia afirmara que no es posible que la vida durara eternamente en el universo, la búsqueda de la inmortalidad sería imposible y no podría justificarse. Por tanto, ¿las pruebas científicas descartan la idea de que la vida podría, en principio, durar eternamente? Algunos así lo creen. Uno de los argumentos en contra de que la vida pudiera durar para siempre proviene de una ley de la física conocida como la segunda ley de la termodinámica. Esta ley dice que la entropía de un sistema aislado (un sistema que no intercambie materia ni energía con su entorno) debe crecer siempre. La entropía es una medida del desorden del sistema. Por ejemplo, el escritor científico Adrian Berry escribió en una ocasión: "Preservar un cuerpo vivo eternamente violaría la segunda ley de la termodinámica" [8].

De hecho, la segunda ley de la termodinámica no implica que un ser vivo tenga que morir. Los seres vivos no son sistemas aislados; intercambian constantemente materia y energía con su entorno. Es más, el cuerpo humano excreta los desechos y toma aire, comida y agua. Mientras que un ser vi-

vo siga obteniendo energía, no habrá razón por la que tenga que morir. La biosfera del planeta Tierra intercambia energía con el sistema solar. Pero, ¿qué pasa con el universo? El universo parece ser un sistema aislado en el cual la entropía ha de crecer. ¿Se agotarán algún día las fuentes de energía utilizables? ¿Morirá todo? El gran filósofo Bertrand Russell así lo creía cuando escribió estas desesperadas líneas:

“El hombre es el producto de causas que no preveían el futuro al que conducían; su origen, su crecimiento, sus esperanzas y miedos, sus amores y creencias son el resultado de la disposición accidental de átomos; y ningún fuego, ningún heroísmo, ninguna intensidad de pensamiento y sentimiento pueden preservar la vida individual más allá de la tumba. Todo el esfuerzo de generaciones, toda la devoción, la inspiración, el prominente resplandor del genio humano están destinados a extinguirse con la gran muerte del sistema solar, y todo el templo de los logros del hombre quedará inevitablemente sepultado bajo los escombros de un universo en ruinas, de modo inapelable y tan cierto que ninguna filosofía que lo rechace puede esperar permanecer. Sólo sobre las firmes bases de estas verdades, sólo sobre los firmes fundamentos de esta inquebrantable desesperación, puede construirse de ahora en adelante y con seguridad la morada del alma” [9].

En cualquier caso ningún científico sabe cómo será el fin del universo, si es que este se produce. Parece que seguirá expandiéndose para siempre, pero la naturaleza de la energía oscura aún no es lo suficientemente conocida como para poder afirmarlo. Es importante comprender que incluso si la densidad media de entropía del universo tuviera que aumentar inevitablemente, esto no implicaría que el universo llegara en algún momento a alcanzar un punto máximo de crecimiento y detuviera por completo este aumento. Incluso si el universo llegara a su fin, sería posible aún que la vida sobreviviera. En 1979, el físico inglés Freeman Dyson publicó un artículo [10] en el que afirmaba que, incluso en un universo con energía finita, un ser inteligente aún podría tener un número infinito de pensamientos. Dio como ejemplo un caso en que el universo seguiría expandiéndose a pesar de que a medida que la energía utilizable se fuera agotando, este universo empezara a “morir”. Dedujo que, a medida que el universo se volviera cada vez más frío, los seres avanzados aún podrían vivir teniendo pensamientos a un nivel cada vez más bajo. El físico Frank Tipler planteó el escenario opuesto; un día, el universo deja de expandirse y comienza a colapsarse bajo la fuerza de la gravedad, llegando a su fin en un “big crunch” (gran crujido). La idea era que, a medida que el universo se calentara, los seres inteligentes aún podrían vivir teniendo pensamientos cada vez más rápidos, pero sólo si desarrollaran tecnologías lo suficientemente poderosas como para modi-

ficar a gran escala la estructura del universo. Es lo que se conoce como la teoría del "Punto Omega" [11].

Parece que los datos empíricos no son suficientes para determinar si la vida en el universo ha de terminar. Por lo tanto, no hay una base científica que apoye el pesimismo de Russell, y podemos proponer como conjetura razonable que la vida puede durar eternamente.

Resulta interesante en cualquier caso, advertir que la vida en la Tierra probablemente se expandirá por el Espacio para sobrevivir. Y si es así, parece poco probable entonces que se convierta en algo aburrido o libre de riesgos, sin importar el tiempo que uno viva. Siempre habrá nuevos retos excitantes a los que enfrentarse y es justamente la búsqueda de la inmortalidad lo que conducirá a la humanidad a enfrentarse a ellos. Esta es la principal razón para creer que la búsqueda de la inmortalidad debería ser el último imperativo moral.

Se ha dicho que la inmortalidad es posible, pero sólo si los seres racionales siguen haciendo esfuerzos para mantenerse vivos; pero no se ha dicho que se pueda garantizar esa inmortalidad, ya que entonces dejaría de ser un objetivo y no sería la base fundamental de la moral.

La idea de Tipler de que algún día la vida tendrá que expandirse por el espacio, y desarrollar tecnología lo suficientemente poderosa como para cambiar la estructura del universo resulta intrigante, ya que sugiere que el destino real del universo está ligado a los esfuerzos de los seres vivos por mantenerse con vida. Si esto fuera así, podríamos decir que la inmortalidad es el auténtico "telos" (propósito final) del universo.

## REFERENCIAS

- 1) Hobbes, Thomas; 1642, "De Cive" [On the Citizen] // Locke, John; 1690, "Two Treatises of Government"
- 2) Fehr, Ernst & Fishbacher, Urs; "The Nature of Human altruism" en: *Nature* (23 Oct 2003, 425), pág. 785-791
- 3) Schweitzer, Albert; *Out of my life and thought*, (1953) John Hopkins University Press
- 4) Rees, Martin; *ImmInst Interview* (2003); <http://imminst.org/forum/index.php?act=ST&f=67&t=2699&hl=&s=>
- 5) More, Max; *The Diachronic Self* (1995); <http://www.maxmore.com/diss-cont.htm>

- 6) Bostrom, Nick; *In Defense of Posthuman Dignity* (2003); <http://www.nickbostrom.com/ethics/dignity.html>
- 7) Extraído del congreso *Extended Life/Eternal Life* de la University of Pennsylvania; (6 de marzo de 1999)
- 8) Berry, Adrian; *The Next 500 Years* (1995) Headline Book Publishing
- 9) Russell, Bertrand; "Appendix B: The Doctrine of Types," en: Russell, Bertrand; *Principles of Mathematics*, (1903); Cambridge University Press; pág.523–528
- 10) Dyson, Freeman; "Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe" en: *Reviews of Modern Physics* (julio 1979, Vol. 51, No. 3)
- 11) Tipler, Frank; "Cosmological Limits on Computation" en: *International Journal of Theoretical Physics* (1986, 25), pág. 617–661

## ¿DEBEMOS TEMER A LA MUERTE?

### ARGUMENTOS EPICÚREOS

### Y MODERNOS

DR. RUSSELL BLACKFORD

La mayoría de nosotros tememos a la muerte, en mayor o menor medida, a pesar de que algunos filósofos creen que deberíamos aceptarla y temer más cualquier posibilidad de inmortalidad. En concreto, Bernard Williams dice que si tuviéramos la capacidad de vivir cientos de años, finalmente sufriríamos un aburrimiento insoportable y acabaríamos agradeciendo la llegada de la muerte (pág. 89-98) [1]. Aunque muriésemos antes de lo deseado, dice Williams, el hecho de morir es en realidad algo bueno. Otros muchos, incluso desde tiempos inmemoriales, han dicho que la muerte no es algo a lo que haya que temer.

En este ensayo defiendo que es racional estar ligado a la vida y vivir tanto como sea posible, aunque no lo es tanto temer a la muerte con la intensidad o la persistente ansiedad con que los seres humanos lo hacen habitualmente. Además, nuestras razones para sentirnos ligados a la vida son también razones por las que querríamos vivir indefinidamente.

En el mundo antiguo, los primeros ataques filosóficos a la racionalidad del temor a la muerte se hicieron basándose en la suposición de que no hay vida después de la muerte y que la muerte extingue toda sensación, pensamiento y conciencia. Se plantean problemas diferentes si tenemos motivos religiosos para creer que existe una vida de eterna felicidad o castigo después de la muerte. Dejaré esto a un lado y me centraré en el miedo a la muerte y en nuestro vínculo con la vida desde un punto de vista filosófico meramente secular (también dejaré a un lado el tema de si es o no racional temer al proceso de la muerte, como contraposición a la propia muerte –aunque no hay duda de que el proceso es normalmente doloroso y repugnante). El *locus classicus* del debate es el trabajo del filósofo griego Epicuro y sus seguidores, quienes vieron la muerte de un modo sorprendentemente moderno, como el fin de toda sensación o conciencia. Según tal suposición, no podemos temer racionalmente a la muerte como a esa gran desconocida, o como prólogo al juicio divino y el posible castigo. ¿Existe alguna otra justificación racional para temer a la muerte o considerarla algo malo? ¿Qué hay de malo en ella?

## ARGUMENTAR COMO UN EPICÚREO

En su *Carta a Meneceo*, Epicuro dice que “todo lo bueno y lo malo se basa en las sensaciones” [2, pág. 149]. Ya que la muerte supone la extinción de toda sensación es “nada para nosotros”, algo que no es ni bueno ni malo. Esto puede formularse según lo que llamaré el Principio Básico Epicúreo:

P1. Nada es una desgracia, a menos que implique o provoque sensaciones desagradables.

P2. La muerte no implica ni provoca sensaciones desagradables.

C. La muerte no es una desgracia.

El razonamiento es válido aplicando la lógica, pero lo más interesante es que es susceptible de modificarse sin afectar la validez del razonamiento si se proponen contraejemplos a la premisa 1 (P1) y las mismas modificaciones se aplican también a la premisa 2 (P2). Es decir, supongamos el siguiente contraejemplo para P1: un amigo cercano que me aprecia, deja de hacerlo (por la razón que sea). Esto no debería afectarme nunca de una forma negativa en el sentido de sufrir sensaciones desagradables; es decir, mi amigo podría fingir un amor ficticio hacia mí y yo, en la forma en que se desarrollan los acontecimientos, nunca llegaría a darme cuenta que sus sentimientos han cambiado. A pesar de eso, la pérdida del amor de un amigo se toma habitualmente como una desgracia [3, pág 4-6].

Un epicúreo podría contestar a tales contraejemplos por medio de modificaciones adecuadas en ambas premisas del Principio Básico Epicúreo. Así, un epicúreo podría decir que si un amigo deja de quererme, a partir de ese momento, esa persona actuará de forma tal que me haga sentir incómodo o que me parecerá desagradable. El epicúreo podría modificar la premisa 1 incluyendo entre los tipos de desgracias, aquellos hechos que en el momento que ocurran, nos hagan más vulnerables o nos produzcan sensaciones desagradables. Se podría por tanto modificar la premisa 2 de una forma lo bastante convincente como para establecer que la muerte no es un evento de ese tipo; después de todo, una vez que haya muerto no experimentaré sensaciones desagradables ni de cualquier otro tipo. Y ya que ambas premisas han sido modificadas de la manera adecuada, el razonamiento sigue siendo válido.

Pero no todos los contraejemplos posibles pueden ajustarse del mismo modo. Por ejemplo, no sería una desgracia que mi reputación sea difamada de alguna forma después de mi muerte (posiblemente a consecuencia de mi muerte, ya que no podré defenderme). Un epicúreo contestaría a este tipo

de ejemplos empleando una estrategia secundaria. Podría argumentar que este ejemplo no es una desgracia, es más, alguien que se preocupa por ese tipo de cosas, sufre de un orgullo irracional porque no le conduce a vivir la más feliz de las vidas posibles.

Esto nos sitúa en el quid de la cuestión. Un razonamiento epicúreo completo contra la racionalidad del miedo a la muerte debería incluir una versión específica de la buena vida. Los epicúreos tenían esta versión y realmente resulta atractiva. En concreto, aseguraban que la buena vida consiste en vivir con la inexistencia del dolor (aponia) y de la ansiedad (ataraxia). Creían que alcanzar la aponia y sobre todo la ataraxia (que traduciremos como “tranquilidad”) durante el tiempo en que estamos vivos y conscientes, constituye el nivel más alto de felicidad humana, y que muchos de los conflictos y preocupaciones que tenemos frustran nuestra felicidad. Tales proposiciones se encuentran en documentos epicúreos como la *Carta a Meneceo* y sobre todo en *Doctrinas clave* (149-150) [2]. El poeta romano Lucrecio, el mayor de los seguidores de Epicuro, explica en detalle en su magistral *De Rerum Natura* que nuestras vidas se arruinan cuando perseguimos objetivos incompatibles con la ataraxia (pág. 151-153) [4].

Si aceptáramos estos puntos de vista epicúreos más generales, podríamos clasificar con más facilidad las desgracias y darnos cuenta que una combinación de las estrategias que acabo de explicar, la esencia del Principio Básico Epicúreo estaría mejor protegida contra cualquier posible contraejemplo aplicable a la premisa 1. Esto se debe a que, según la idea epicúrea de la felicidad, cualquier desgracia debe ser algo que interfiera con nuestra tranquilidad mientras estamos vivos. La muerte en sí misma no lo hace (aunque el miedo sí), por tanto la muerte en sí misma no es una desgracia. Así para un epicúreo, la muerte no es algo malo.

Por otro lado, este análisis sugiere que el Principio Básico Epicúreo solamente puede defenderse si aceptamos las visiones epicúreas sobre la naturaleza de la felicidad. Esto supondrá que tengamos que deshacernos de muchas de nuestras ideas de sentido común, como que es una desgracia que los demás nos desprecien (incluso si somos dichosamente ignorantes).

Me parece que la idea de la felicidad de los epicúreos tiene más de verdad de lo que se reconoce. De hecho, parece haber un límite para la felicidad al que nos acercamos a medida que tenemos una vida sana sin dolor o ansiedad. Gran parte de nuestra lucha por lograr más parece inútil y hasta contraproducente. Además, diré que hay muchos más factores que los argumentados que influyen en una buena vida en la filosofía epicúrea. Y ese “muchos más” es lo que hace que la muerte sea una opción poco deseable.

## LA MUERTE COMO PRIVACIÓN DE VIDA ADICIONAL

Podríamos rechazar la versión epicúrea muy fácilmente si insistiéramos en que estar vivo, como tal, es algo bueno, y que la muerte es una desgracia por el mero hecho de privarnos de vida adicional. En cualquier caso, esto suscita más problemas ya que el concepto de privación no es sencillo. Parece incluir la idea de negación o de algo que es posible tener. De todos modos, ¿de qué forma es posible que alguien pueda tener una vida más larga de la que (obviando el tiempo) realmente tiene? La cuestión alcanza temas insolubles como el determinismo, el destino y el libre albedrío, temas que es mejor evitar si queremos avanzar un mínimo.

Para evitarlos, me gustaría centrarme en el concepto del miedo a la muerte. Existe una relación entre temer algún hecho futuro y actuar para evitarlo o resistirse a él. Por ejemplo, tratamos de evitar enfermedades poniéndonos vacunas, siguiendo dietas sanas, con higiene, etc. De forma similar, podemos evitar la violencia escapando de ella, o usando la fuerza; incluso si el Universo es determinista, nuestras propias acciones para evitar o resistir todo eso forman parte de la cadena de causas deterministas. Y si esto es así, acciones como escapar o resistirse a la violencia son racionales.

De este modo, tanto si el determinismo (o el destino) se impone en el Universo como si no, existen muchas acciones que podemos llevar a cabo para evitar o resistirnos a ciertos hechos que de otra forma podrían suponernos la muerte. Si la vida adicional es algo bueno, sería racional llevar a cabo dichas acciones, y por tanto también parece racional actuar como si tuviéramos miedo a la muerte. Si tuviéramos la oportunidad, podríamos “programarnos” para tener sólo un cierto grado de temor a la muerte, y para animarnos a identificar y asumir acciones que nos ayudaran a vivir más tiempo. Me parece que tener un cierto temor a la muerte es algo bueno; más adelante, en cualquier caso, veremos cuánto miedo a la muerte deberíamos tener.

Ninguno de estos razonamientos es sólido a menos que el ser privado de vida adicional sea una desgracia y haya una respuesta para tal cuestión. Una vez más, nuestros amigos los epicúreos la tuvieron en la antigüedad.

## ¿QUEREMOS VIDA ADICIONAL?

En *De Rerum Natura*, Lucrecio dice que no es malo verse privado de vida adicional ya que nadie piensa que sea malo no estar vivo antes del momento de nacer. No nos afecta, dice, no haber estado vivos en la época

de las guerras de los Cartagineses (pág. 151) [4]. Si perder vida adicional tras la muerte es una desgracia, ¿qué pasa con toda esa vida que nos perdimos antes de nacer? Desde luego, no es racional temer una desgracia que sucedió en el pasado, sólo es racional temer acontecimientos futuros. De todos modos, un epicúreo diría entonces que las desgracias del pasado seguramente son algo por lo que lamentarse. A pesar de eso, no debemos lamentar no haber estado vivos en los días en que Roma y Cartago estaban en guerra.

Algunos intentos de responder a esta línea de razonamientos alcanzan la metafísica y la naturaleza del yo. Por desgracia, estos temas (muchos de los cuales tienen que ver con la preeminencia del determinismo o del destino en el Universo) son demasiado complejos para resolverlos aquí. Por ejemplo, Nagel dice que no es posible que tengamos sensaciones antes de nacer –ni antes de ser concebidos (pág. 8) [3]. Esto supone que cada uno de nosotros está biológicamente organizado a partir de un cigoto y creado en un momento concreto. Kaufman hace un enfoque diferente; él dice que incluso si el yo, como “entidad metafísica” (pág. 309) [5], se define de este modo, el verdadero problema de Lucrecio es que los hechos del pasado afectan a mi personalidad actual. Si hubiera estado vivo en época de las guerras de Cartago no sería ahora tal y como soy, con los pensamientos y los deseos que tengo ahora. Así, dice Kaufman, no puedo lamentar no haber estado vivo anteriormente, ya que estaría escondiendo mi propia personalidad (307-311) [5].

Desde mi punto de vista, estos argumentos no son completamente decisivos en contra de la postura de Lucrecio. La respuesta más breve que podemos dar a Kaufman es que tal enfoque demuestra muchas cosas. Muchos hechos cuya ocurrencia lamentamos más tarde, influyen en el desarrollo de nuestra personalidad. De hecho, su razonamiento parece descartar el acierto de lamentarse en aquellos casos en que realmente parece ser lo más adecuado, como cuando la personalidad de alguien cambia a lo largo de los años como resultado de una vida de crímenes, daños y maldad en el pasado.

El razonamiento de Nagel es más complejo y a la vez más convincente, pero en última instancia falla. Asumamos que “yo” soy un ser tetradimensional biológicamente organizado, cuyo estado temporal más temprano es el cigoto que se formó tras la fecundación de un óvulo de mi madre por parte de una célula espermática de mi padre. Parece que no podría tener, simultáneamente, una identidad definida y experiencias previas a mi concepción.

Al mismo tiempo, podemos imaginar escenarios lógicamente posibles en los que el mismo cigoto podría haber existido en un momento anterior al que lo hizo: imaginemos que una persona nació veinte años después, a partir de un óvulo en concreto y de una célula espermática seleccionada para la fecundación in vitro. Durante los años previos a la fecundación in vitro los dos gametos estuvieron separados y preservados criónicamente; la célula espermática se usó entonces para fecundar el óvulo y tras varios procedimientos médicos posteriores (incluyendo, por así decirlo, una madre sustituta voluntaria), el nacimiento de esa persona se produce finalmente. ¿Lamentaría esa persona los años “perdidos” en que debería haber estado viva si no se hubiera retrasado el procedimiento de fecundación in vitro?

Dudo que lamentarse fuera lo apropiado en el curso normal, si es que tal escenario puede calificarse de normal en algún sentido. En cualquier caso, es posible imaginar circunstancias específicas en las que lamentarse sí sería lo adecuado. ¿Qué pasaría si los gametos se preservaran hasta el final de una época de paz y prosperidad y la persona en cuestión llega a la adolescencia en el momento en que toda esa paz y prosperidad se destruye por una guerra terrible? Tal vez, en circunstancias como ésta, esa persona tendría motivos para lamentarse, pero debido a que sus experiencias de adolescencia se desarrollarían en un entorno social peor de lo que debiera haber sido, no por haber perdido un periodo de vida adicional.

La reflexión sobre las circunstancias en que podríamos lamentarnos racionalmente por no haber nacido antes parecen, a mi juicio, reforzar el razonamiento epicúreo, al menos hasta este punto: lo que es digno de lamento no es el mero hecho de no estar vivo durante un período de tiempo. Aún así, creo que podríamos dar respuesta a Lucrecio.

## PROYECTOS, RELACIONES Y OBLIGACIONES

Puede darse una mejor respuesta a Lucrecio que las dadas por Nagel o Kaufman basada a grandes rasgos en las ideas de Williams (pág. 85-87) y sobre todo, de Martha Nussbaum (318-320) [1; 6], aún a pesar de que ninguno de los dos apoyan la inmortalidad humana. La esencia de la respuesta es esta: una vez que hemos nacido y tomamos parte de la sociedad, rápidamente adquirimos razones de peso para preferir estar vivos, razones que resultan progresistas, y por lo tanto no existe simetría con el pasado antes de ser concebidos o de nacer.

Por ejemplo, me gustaría escribir una novela o hacer un tratado de filosofía como el que estoy escribiendo; podría obsesionarme con la suerte fluctuante de un atleta o de un equipo de fútbol; podría involucrarme en un flirteo interesante y encantador, o tal vez en un affaire amoroso cada vez más profundo, y podría haber varias personas dependiendo de mí, emocional o económicamente.

En resumen, podría tener un millar de proyectos (algunos más serios que otros), relaciones (lo mismo), obligaciones e intereses que puedo imaginar ampliándose y cambiando indefinidamente en un futuro. Todos ellos me ligan a la vida y casi todo el mundo los tiene. Incluso Epicuro murió haciendo una petición a un amigo para que “cuidara de los hijos de Metrodoro” (pág. 151) [2]; no era del todo indiferente a lo que ocurriera tras su muerte. De hecho, a ninguno de nosotros nos resultaría indiferente la perspectiva de nuestra propia muerte, a lo que le siguiera y a lo que impidiera, mientras tratáramos de mantener tales compromisos.

Tampoco nos iría mejor sin estos compromisos y vínculos a la vida. Sin duda Lucrecio estaba en lo cierto cuando decía que las obsesiones estúpidas pueden distorsionar nuestras vidas y conducirnos a la infelicidad (pág. 151-153) [4]. Así, nuestros proyectos progresistas, nuestras relaciones y obligaciones son una parte importante de lo valioso de nuestra experiencia. Hasta tal extremo la concepción epicúrea de una vida feliz nos pide que renunciemos a ellos o que menospreciemos su importancia, que la convierten en pobre y debe ser desechada. A pesar de que este punto de vista alberga cierta sabiduría, la misma resulta totalmente incompleta. No puede aplicarse para defender lo que denominé el Principio Básico Epicúreo en contra del temor a la muerte porque tiene más de buena vida que de libertad frente al dolor y la ansiedad –aponia y ataraxia. Una buena vida incluye varios tipos de experiencias y conexiones que son, por naturaleza, progresistas.

Nada de esto quiere decir que los razonamientos epicúreos no tengan algo de valor. En sus *Doctrinas Clave*, Epicuro afirma que “la carne” (pág. 151) quiere la duración infinita de la vida, mientras que el intelecto va por otros derroteros [2]. De hecho, al principio de este ensayo dejé abierta la cuestión de cuánto debemos temer a la muerte, aún cuando tengamos razones para evitarla y oponernos a ella. Tal vez “la carne” tenga sus propias razones para temer a la muerte, razones que nos hacen temerla más de lo que es beneficioso para nuestra felicidad.

A pesar de que continuar con este tema es algo que está más allá del alcance de este ensayo, el equivalente de “la carne” en nuestro pensamiento contemporáneo podría ser nuestra predisposición genética inconsciente que ha ido evolucionando desde nuestros ancestros, pero que no aumenta

nuestra felicidad como individuos. Es racional tener proyectos, relaciones, obligaciones e intereses que nos ligen a la vida, pero en cualquier caso, el grado al que deberíamos temer a la muerte –el sentido de ansiedad persistente o incluso el pánico que creemos que provoca la muerte- no debería ser algo que elegiríamos si pudiéramos reescribir nuestro código genético para sintonizar nuestras personalidades con las ideas que cada uno tiene sobre lo que constituye una vida feliz.

Si hasta aquí mi razonamiento es correcto, podría ser racional temer a la muerte menos de lo que le tememos, pero también sería racional querer mantenernos vivos al menos mientras tengamos proyectos, relaciones, etc., que nos ligen a la vida. Además, también sería racional sentirse frustrado cuando experimentamos, o imaginamos, el declive de nuestras capacidades mentales y físicas que nos incapacitarán a medida que envejecemos para llevar a cabo nuestros proyectos y comenzar otros nuevos. Ciertamente, nuestro convencimiento de que el envejecimiento y la muerte nos esperan limita los proyectos que podemos llevar a cabo racionalmente en el tiempo que disponemos. Si no fuera por el fantasma del envejecimiento y la muerte, podríamos llevar a cabo proyectos de cientos de años.

El razonamiento de Williams de que nos aburriríamos mucho si pudiéramos vivir eternamente (pág. 89-98) [1] me suena un tanto increíble. Mientras tenga pleno uso de mis facultades, no encuentro límites a mi capacidad de embarcarme en nuevos proyectos, nuevas relaciones, nuevos intereses. Supongo que sería diferente si el mundo no cambiase a mi alrededor, ya que llegaría un momento en que no habría nada nuevo, pero ¿por qué tendría que ser así? La tecnología avanza, la sociedad cambia, nuestro conocimiento del Universo aumenta, y tendríamos tiempo para explorarlo.

Imagino que un contraargumento podría ser que cuanto más vivamos menos recuerdos inmediatos e intensos tendríamos de toda nuestra vida. La gente muy longeva podría tener algunas dificultades para conservar una conexión psicológica con su pasado ya que, en una vida muy prolongada, la memoria podría no ser capaz de manejar todo lo que se ha vivido. De todos modos, el alcance de este problema no está claro ya que sabemos muy poco acerca del funcionamiento neurofisiológico de la memoria.

No resulta obvio que cualquier evento pueda tener consecuencias terribles –o radicalmente diferentes de las que experimentamos hoy en día. Recuerdo muy poco de mi vida antes de cumplir los cinco años y me doy cuenta de que los recuerdos, incluso aquellos de las experiencias críticas, se vuelven increíblemente imprecisos a medida que envejezco. Sea como fuere, esto no significa que no pueda reconocer que me han dado forma ni que mi pasado haya perdido interés para mí.

Si tuviésemos la posibilidad de vivir vidas mucho más largas, la experiencia de nuestra propia identidad podría cambiar, pero eso no quiere decir que nuestras vidas estarían vacías, que serían discontinuas o que no existirían fascinantes conexiones internas. Concepciones diferentes de la identidad personal podrían dar lugar a nuevas posibilidades de crecimiento más que constituir un impedimento.

Tal vez, si pudiéramos vivir indefinidamente, llegaría un momento en que cada uno de nosotros creyera que nuestra existencia es plena y que no podría avanzar más. En tal caso, podríamos dejar de sentirnos ligados a la vida en los términos que he descrito anteriormente, sobre todo si llegáramos a una especie de límite de la capacidad para adaptarnos a un mundo en constante cambio, para conservar un fuerte sentido de la identidad y para seguir siendo creativos. Personalmente, no obstante, me gustaría tener la oportunidad de explorar el mundo y mis propias capacidades hasta encontrar tal límite, y si alguna vez llegara a toparme con él, morir cuando yo lo decidiera. Si mi salud y mis capacidades creativas e intelectuales fueran buenas, no podría imaginar que llegara tal momento, excepto muchos años después de haber cumplido las ocho o diez décadas que puedo esperar cumplir ahora.

Cuando echamos un vistazo a lo malo del deterioro y de tener que morir, parece que tememos demasiado a la muerte. Así, deberíamos tener cuidado de no racionalizar la situación hasta el punto de subestimar lo que es susceptible de lamento en el envejecimiento y en la muerte. Las razones por las que la muerte es algo malo, no son más ni menos que aquellas por las cuales estamos ligados a la vida. Y no solo eso, sino que son razones que podrían ligarnos a ella en forma indefinida, al menos si pudiéramos conservar las facultades que nos permiten vivir la vida plenamente.

Esto sugiere que deberíamos hacer lo que esté en nuestras manos para reducir la dimensión de nuestro miedo a la muerte, y que no deberíamos consolarnos con falsas esperanzas sobre las supuestas virtudes de ser mortales. Ciertamente, no deberíamos adoptar la postura pesimista habitual sobre la conveniencia de vivir más allá de unos límites lamentables que la naturaleza nos permita. En su lugar, deberíamos vivir al máximo, perseguir nuestros proyectos, y disfrutar de nuestras relaciones e intereses tanto como podamos, sin equivocarnos ni disculparnos. Si podemos ampliar la expectativa de vida o vivir indefinidamente, deberíamos abrazar esa posibilidad con todo nuestro optimismo y energía.

## REFERENCIAS

- 1) Williams, Bernard; "The Makropulos Case: Reflections on the Tedium of Immortality" en: *Williams' Problems of the Self: Philosophical Papers 1956-1972* (1976, edición en rústica), Cambridge Univ. Press; pág.82-
- 2) Epicúreo; 1987, extractos de *Letter to Menoeceus, Vatican Sayings, y Key Doctrines* en: *The Hellenistic Philosophers, Volume 1: Translations of the Principal Sources, With Philosophical Commentary* (1987); Long and Sedley, Cambridge Univ. Press, pág.149-
- 3) Nagel, Thomas; "Death" en: *Nagel's Mortal Questions* (1979) Cambridge Univ. Press ; 1-
- 4) Lucrecios; *De Rerum Natura* en: *The Hellenistic Philosophers, Volume 1: Translations of the Principal Sources, With Philosophical Commentary* (1987) Long and Sedley, Cambridge Univ. Press, pág.151
- 5) Kaufman, Frederik; "Death and Deprivation; Or, Why Lucretius' Symmetry Argument Fails" en: *Australasian Journal of Philosophy* (1996, vol. 74); pág.305-
- 6) Nussbaum, Martha C; "Mortal Immortals: Lucretius on Death and the Voice of Nature" en: *Philosophy and Phenomenological Research* (1989, vol 50); pág.303-

## Capítulo III: Recursos

Concluimos esta introducción a la conquista científica de la muerte con un reto.

Le invitamos a:

- Investigar cualquiera de los temas tratados, comenzando por las referencias que aparecen en la bibliografía.
- Aprender un poco más sobre los autores y su trabajo.
- Visitarnos para conocer algo más y compartir sus opiniones y puntos de vista en el apasionante proyecto de conquistar científicamente a la muerte.

Tenga en cuenta que:

En el website de ayuda que hemos creado para los lectores de este libro, se pueden encontrar todos estos recursos, información adicional y material auxiliar.

<http://www.lmmlnst.org/book1>

## **“¿QUIÉN QUIERE VIVIR PARA SIEMPRE?”**

### **UN RETO INTERACTIVO PARA EL LECTOR**

Para aquellos que abogan por los avances en la investigación de la extensión de la vida, la pregunta de por qué sería deseable una vida más larga y saludable podría resultar banal. Pero hay un cierto número de personas que parece no poder concebir ninguna razón por la cual alguien querría vivir más allá del límite actual.

Algunas respuestas posibles podrían ser:

- Ver crecer a nuestros nietos y bisnietos
- Descubrir lo que nos depara el futuro
- Porque el arte y la creatividad son inagotables
- Tener más tiempo para ayudar a los demás
- ¿Por qué no?
- Si vivimos, siempre se puede cambiar de idea más adelante. La muerte es irreversible
- Ver cómo la selección de fútbol de Tíbet gana a la de Brasil en la final de la Copa del Mundo
- Más tiempo para descubrir el sentido de la vida, si es que lo tiene
- Porque se podría aspirar a ser la última generación que muriera por el envejecimiento
- Porque hay gente que nos quiere y que nos necesita
- Tener la oportunidad de desarrollarnos y descubrir la sabiduría y madurez que se podría adquirir con 800 saludables años

- Pasar más tiempo con los amigos y los seres queridos sin notar una bomba de relojería que avanza silenciosamente
- Conocer las respuestas a algunos de los grandes misterios: ¿cómo funciona la mente?; ¿hay vida extraterrestre?
- Jugar, inventar, hacer el amor, explorar estados de consciencia exóticos
- Construir y experimentar realidades virtuales
- Ser más felices

Para compartir y discutir sus propias ideas al respecto, visite

<http://www.imminst.org/why>

Ideas originales: Dr. Nick Bostrom, Oxford University

## BIBLIOGRAFÍA

### ¿POR QUÉ ENVEJECEMOS?

Austad, S; *Why We Age: What Science Is Discovering about the Body's Journey Through Life*; (1997) ISBN:0471148032

Carey, J. R; *Longevity : the biology and demography of life span*. Princeton, (2002) ; Princeton University Press.

Finch, C.E; *Longevity, Senescence, and the Genome* (1990, second printing 1994); University of Chicago Press

Gavrilov, Leonid A; "Pieces of the Puzzle: Aging Research Today and Tomorrow" en: *Journal of Anti-Aging Medicine* (2002, Vol. 5); pág. 255-263

Hayflick, Leonard; *How and Why We Age* (1996 reimpresión); Ballantine; ASIN:0345401557

Kirkwood, Tom; *The Time of Our Lives: The Science of Human Aging* (1999); Oxford University Press ISBN:0195128249

West, Michael D; *The Immortal Cell: One Scientist's Quest to Solve the Mystery of Human Aging* (2003) Doubleday ISBN:0385509286

### FUNDAMENTOS DE BIOMEDICINA ANTIENVEJECIMIENTO

Arnold, Nick & Benton, Tim; *How to live forever* (2000); Franklin Watts Inc. ISBN: 0531148181

Bova, Ben; *Immortality: How Science Is Extending Your Life Span and Changing the World* (2000); Quill; ISBN:0380793180

Benecke, M; *The dream of eternal life: biomedicine, aging, and immortality* (2000); Columbia University Press.

Bowie, Herb; *Why Die?: A Beginner's Guide to Living Forever* (1998); Power Surge Publishing; ISBN:1890457078

- Gems, D & Pletcher, S & Partridge L; "Interpreting interactions between treatments that slow aging" en: *Aging Cell* (2002, Vol.1); pág. 1–9
- Mc Gee, Glen; *The new Immortality: Science and Speculation about Extending Life Forever* (1995); Publishers Group West; ISBN:189316327X
- Medina, John J; "*The Clock of Ages: Why We Age, How We Age, Winding Back the Clock*" (1997); Cambridge University Press; ISBN:0521594561
- Olshansky, Jay S & Carnes, Bruce A; *The Quest for Immortality: Science at the Frontiers of Aging* (2003); W.W. Norton; ISBN:0393048365
- Rubenstein, R & Benecke, M; *The dream of eternal life: biomedicine, aging, and immortality* (2002); Columbia University Press; ISBN: 0231116721
- Shostak, S; *Becoming Immortal: Combining Cloning and Stem-Cell Therapy* (2002); State University of New York Press; ISBN:0791454029
- Tandy, Charles; *Doctor Tandy's First Guide To Life Extension and Transhumanity* (2001); Universal Publishers; ISBN:1581126506
- Tennant, Rich & Bortz, Walter M; *Living longer for dummies* (2001); Hungry Minds ISBN:0764553356
- Various, (Sage Crossroads); *The Fight Over the Future: A Collection of SAGE Crossroads Debates That Examine the Implications of Aging-Related Research* (2004); iUniverse Inc. ISBN:059531631X
- West, Michael D; *The Immortal Cell: One Scientist's Quest to Solve the Mystery of Human Aging* (2003); Doubleday; ISBN:0385509286
- Wyke, Alexandra; *21st-Century Miracle Medicine: Robosurgery, Wonder Cures, and the Quest for Immortality* (1997); HarperCollins Publishers; ISBN:030645565X

## BIOMEDICINA ANTIENVEJECIMIENTO: NIVEL AVANZADO

- Butler, RN & Fossel, M & Harman, SM & Heward, CB & Olshansky, SJ & Perls, T & Rothman, J & Rothman, SM & Warner, HR & West, MD & Wright, WE; "Is There an Antiaging Medicine?" en *Journals of Gerontology* (2002, Vol. 57); pág. B333-B338
- Carnes, BA & Olshansky, SJ & Grahn, D; "Biological Evidence for Limits to the Duration of Life" en: *Biogerontology* (2003, Vol. 4); pág. 31–45
- Freitas Robert A; *Nanomedicine, Vol. IIA: Biocompatibility* (2003); Landes Bioscience; ISBN:1570597006

International Association of Biomedical Gerontology. International Congress (9th : 2002 : Vancouver B.C.) & D. Harman (2002). *Increasing healthy life span: conventional measures and slowing the innate aging process*; New York Academy of Sciences

International Association of Biomedical Gerontology. (2001) & Park, SC; *Healthy aging for functional longevity: molecular and cellular interactions in senescence*; New York Academy of Sciences

Komender, J; "Stem cell research as a base for reconstructive medicine" en: *Annals of Transplantation* (2003, Vol. 8); pág. 5-8

Lo, KC & Chuang, WW & Lamb, DJ; "Stem cell research: the facts, the myths and the promises" en: *Journal of Urology* (2003, Vol. 170); pág. 2453-8

Toussaint, O; *Molecular and cellular gerontology*; New York Academy of Sciences.

## DIGITALIZACIÓN

Kurzweil, R; *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence* (2000); Penguin Putnam; ISBN:0140282025

Strout, Joe; "Mind Uploading: an alternative path to immortality" en: *Cryonics* (1998, Vol. 19); pág. 26-30

## CRIÓNICA

Ettinger, R; *The prospect of immortality* (1965); <http://www.cryonics.org/book1.html>

Smith, George P; *Medical-Legal Aspects Of Cryonics: prospects for immortality* (1983); Port Washington Associated Faculty Press; ISBN:0867330503

Wowk, Brian; *Cryonics: Reaching for Tomorrow* (1991); Alcor Life Extension Foundation; ASIN:1880209004

### **Restricción Calórica**

Heilbronn, LK & Ravussin, E; "Calorie restriction and aging: review of the literature and implications for studies in humans" en: *American Journal of Clinical Nutrition* (2003, Vol. 78); pág. 361-9

Lane, MA & Mattison, J & Ingram, DK & Roth, GS; "Caloric restriction and aging in primates: Relevance to humans and possible CR mimetics" en: *Microscopy Research and Technique* (2002, Vol. 59); pág. 335-8

- Masoro, Edward J; *Caloric Restriction: A Key to Understanding and Modulating Aging* (2002); Elsevier Health Sciences; ISBN:0444511628
- Weindruch, Richard, and Walford, Roy; *The Retardation of Aging and Disease by Dietary Restriction* (1988); Charles C. Thomas, Springfield, IL

## ÉTICA Y FILOSOFÍA: NIVEL BÁSICO

- Brennan, H; *Death: the great mystery of life* (2002); Carroll & Graf Publishers  
ISBN: 0786712171
- Broderick, Damien; *The Last Mortal Generation: How Science Will Alter Our Lives in the 21st Century* (2000); New Holland Publishers, Ltd.;  
ASIN:1864364408
- Callahan D; *Setting Limits: Medical Goals in an Aging Society With "a Response to My Critics"* (1995); Georgetown University Press; ISBN:0878405720
- Fukuyama, Francis; *Our posthuman future: Consequences of the Biotechnology Revolution* (2003); Picador, USA; ISBN:0312421710
- Hardwig, John; "Is there a duty to die?" en: *Hastings Centre Report* (2000)
- Kass LR; *Life, Liberty and the Defense of Dignity: The Challenge for Bioethics* (2002); Encounter Books; ISBN:1893554554
- Kass Leon R; "L'Chaim and Its Limits: Why Not Immortality?" en: *Journal of Religion and Public Life* (2001, Vol. 113); pág.17–
- Kaufman, Wallace; *No Turning Back: Dismantling the Fantasies of Environmental Thinking* (1995) Perseus Book Group; ASIN:0465051197
- Lawson, Chris; *The Tithonus Option is Not an Option* (1999) presented at the SF Worldcon held in Melbourne, Australia Perry, John; *A Dialogue on Personal Identity and Immortality* (1978); Hackett Publishing Company; ISBN:0915144530
- Perry, Michael; *Forever For All: Moral Philosophy, Cryonics, and the Scientific Prospects for Immortality* (2000); Universal Publishers; ISBN:1581127243

## NOVELAS

- Broderick, Damien; *Transcension* (2003); Tor Books; ISBN:0765303701
- Dewdney, Christopher; *Last Flesh: Life in a Transhuman Era* (1998); HarperCollins Canada; ISBN:0006384722

- Egan, Greg; *Permutation City* (1998); Gollancz; ISBN:0752816497
- Halperin, James; *The First Immortal* (1998); Ballantine Books; ISBN:0345420926
- Harrington, Alan; *The Immortalist* (1977) Ten Speed Pr.; ASIN:0890871353
- Heinlein, Robert; *The Door Into Summer* (1986); Del Rey Books; ISBN:0345330129
- Minsky, Marvin; Harrison, Harry; *The Turing Option* (1992); Warner Books; ISBN:0446364967
- Nagata, Linda; *Tech Heaven* (1995); Bantam; ISBN:0553569260
- Stephenson, Neil; *Snow Crash* (2003); Bantam; ISBN:0553380958
- Vinge, Vernor; *A Deepness in the Sky* (2000); Tor Books; ISBN:0812536355
- Wilson, Robert; *Prometheus Rising* (1992); New Falcon Publications; ISBN:1561840564

## OTROS RECURSOS

- Tipler, Frank J; *The Physics of Immortality* (1995); Anchor; ISBN:0385467990
- United States Congress, Senate. Special Committee on Aging: All hearings; For sale by the Supt. of Docs. U.S. G.P.O. Congressional Sales Office.

## Acerca de los autores

### **Dr. William Sims Bainbridge**

<http://mysite.verizon.net/william.bainbridge>

Subdirector de la Division of Information and Intelligent Systems de la National Science Foundation, desde donde ha supervisado varios programas, entre ellos el *Nanoscale Science and Engineering*. Autor de numerosos libros y artículos sobre tecnología, sociología y religión. Profesor y catedrático del Departamento de Sociología y Antropología de la Universidad Towson (cargo vitalicio) entre 1990 y 1992. También es doctor en Sociología por la Universidad de Harvard.

### **Ben Best**

<http://www.benbest.com>

Analista y programador en un banco canadiense. Vive en Toronto, Canadá, tesorero de Toronto MENSA y Presidente del ACM APL Special Interest Group (lenguaje de programación matemático). Director de la Cryonics Society of Canada y alto cargo en CryoCare. Ben es ensayista, autor de textos sobre gran variedad de temas.

### **Dr. Russell Blackford**

<http://www.users.bigpond.com/russellblackford>

Escritor, crítico y estudiante de filosofía, vive en Melbourne. Licenciado con honores en Arte y Derecho. Sus publicaciones incluyen *Strange Constellations: A History of Australian Science Fiction* (1999, co-escrita con Van Ikin y Sean McMullen); la trilogía de ciencia-ficción *Terminator 2: The New John Connor Chronicles* (2002-2003), y varios artículos, revisiones y relatos cortos. Actualmente cursa una licenciatura y es conferencista en la School of Philosophy and Bioethics de la Universidad de Monash.

## **Dr. Nick Bostrom**

<http://www.nickbostrom.com>

Miembro de la British Academy Research Fellow de la Universidad de Oxford, es también cofundador de la World Transhumanist Association. Amplio bagaje en física, neurociencia computacional, inteligencia artificial y filosofía.

## **Dr. Manfred Clynes**

<http://www.microsoundmusic.com/clynes>

Profesor en el Lombardi Cancer Center de la Universidad Georgetown (Washington, DC), el Dr. Clynes creció escuchando las grabaciones de clásicos interpretadas por Pau Casals. La música es su vida. "Solía tener increíbles momentos de éxtasis que me resultaban muy importantes", dice, "y creía que otras personas también los tenían con frecuencia; mucho después me di cuenta de que no era el caso". Durante una exposición en unas conferencias de la NASA en 1960, el Profesor Clynes acuñó el término *cyborg* combinando los términos *cybernetic* y *organism*, como concepto para referirse a la supervivencia de humanos en viajes espaciales.

## **Dr. Robert A. Freitas Jr.**

<http://www.rfreitas.com>

Investigador en el Institute for Molecular Manufacturing, Palo Alto, California, organización especializada en nanotecnología molecular, Freitas fue el primero en publicar en una importante publicación biomédica peer-reviewed, un estudio técnico detallado de un nanorobot médico. Es también el autor de *Nanomedicine*, el primer tratado técnico sobre las aplicaciones médicas de la nanotecnología y de la nanorobótica médica.

## **Marc Geddes**

<http://www.prometheuscrack.com>

Con un interés destacable por la inteligencia artificial y las matemáticas, Geddes es un escritor independiente de Auckland, Nueva Zelanda. Ha publicado varios artículos en medios transhumanistas.

## **Dr. Aubrey de Grey**

<http://www.gen.cam.ac.uk/sens/index.html>

Universidad de Cambridge, UK. Director de la International Association of Biomedical Gerontology y de la American Aging Association. También es editor de las revistas *Rejuvenation Research*, *Mitochondrion* y *Antioxidants and Redox Signaling*. Sus investigaciones se centran en la aceleración del desarrollo de una verdadera cura para el envejecimiento humano.

## **Dr. Raymond Kurzweil**

<http://www.kurzweilAI.net>

Raymond Kurzweil fue el principal desarrollador de la primera tecnología de reconocimiento óptico de caracteres, del primer lector de caracteres escritos con voz sintética para invidentes, del primer escáner CCD de plataforma y del primer software comercializado de reconocimiento de voz. Ha desarrollado satisfactoriamente nueve empresas especializadas en OCR (reconocimiento óptico de caracteres), síntesis musical, reconocimiento de voz, tecnología de lectura, realidad virtual, inversiones económicas, simulaciones médicas y arte cibernético. En 1999 se le concedió la US National Medal of Technology, la más alta distinción en investigación tecnológica que se otorga en Estados Unidos.

## **Dr. Joao Pedro de Magalhães**

<http://senescence.info>

Microbiólogo, investigador en genética en la Harvard Medical School, Lipper Center for Computational Genetics, Boston, USA. Su trabajo en la biología del envejecimiento tiene mucho que ver con la senescencia celular, los telómeros, los mecanismos de respuesta al estrés y el Síndrome de Werner. El Dr. Magalhães desarrolla modelos computacionales para comprender el envejecimiento desde una perspectiva genómica.

## **Dr. Marvin Minsky**

<http://web.media.mit.edu/~minsky>

Toshiba Professor of Media Arts and Sciences, y profesor de Ingeniería eléctrica y Computación, en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Sus investigaciones han proporcionado grandes avances tanto prácticos como

teóricos en inteligencia artificial, psicología cognitiva, redes neurales y en la teoría de las máquinas de Turing y funciones recursivas. También fue uno de los pioneros de la robótica mecánica inteligente y de la telepresencia. Como Junior Fellow de Harvard, inventó y construyó el primer microscopio de exploración confocal. En 1959, el Dr. Minsky y John McCarthy fundaron lo que se convertiría en el Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT, y su larga titularidad como codirector dejó huella en el campo de la Inteligencia Artificial.

### **Dr. Brad Mellon**

Director de Chaplain Services, Frederick Mennonite Community, Frederick, Filadelfia, y Profesor Adjunto en el Bethel Seminary of the East, Desher, Filadelfia. Nacido en un barrio de Nueva York en 1949, estudió en el Houghton College, se licenció en Sociología en 1967 y con un Master Divinity en el Biblical Theological Seminary en 1980. Entre 1985 y 1996 recibió un Master en Teología Sagrada, postgrado en la Dropsie University, y un doctorado en Filosofía con su tesis sobre la hermenéutica en el Westminster Seminary.

### **Dr. Max More**

<http://www.maxmore.com>

El Dr. Max More es un reconocido experto en prospectiva que escribe, habla y organiza congresos sobre los retos principales de las tecnologías emergentes. Cofundador y presidente del Extropy Institute. Como destacado pensador transhumanista, desafía las limitadas creencias tradicionales acerca de las posibilidades de nuestro futuro. Director del Content Solutions at Many Worlds, Inc., su bagaje académico incluye una licenciatura en Filosofía, Política y Económicas en la Universidad de Oxford, y un doctorado en Filosofía por la Universidad de Southern California.

### **Dr. Eric S. Rabkin**

<http://www-personal.umich.edu/~esrabkin>

Profesor de Lengua y Literatura Inglesa en la Universidad de Michigan en Ann Arbor. Como profesor, Rabkin es especialmente conocido por sus extensas y famosas conferencias sobre ciencia-ficción, y por sus numerosas innovaciones educativas, incluyendo el desarrollo del Practical English Writing Program.

## **Dr. Michael Rose**

<http://wcoevo.bio.uci.edu/Faculty/Rose/Rose.html>

Profesor en la Universidad de California, Irvine, y especializado en la evolución de la vida y los sistemas genéticos, el Dr. Rose ha estudiado la evolución de la mortalidad tardía y la evolución de la fertilidad tardía. Junto con el Dr. L.D. Mueller ha desarrollado teorías evolutivas para mesetas longevas, llamadas en ocasiones inmortalidad, y las ha probado con la mosca de la fruta.

## **Mike Treder**

<http://www.incipientposthuman.com>

Director ejecutivo del Center for Responsible Nanotechnology, es un profesional de los negocios con formación en administración de empresas de tecnología y comunicaciones. Trabaja como uno de los directores del Human Futures Institute y de la World Transhumanist Association, y es miembro del Executive Advisory Team for the Extropy Institute y desarrollador del website *Incipient Posthuman*.

## **Shannon Vyff**

Madre de tres niños y estudiante de un Master in Nutritional Therapy, Shannon Vyff es una gran defensora de La Leche League International. Ella y su marido son miembros de la Caloric Restriction Society. En caso de que fuera necesario, ella y toda su familia han formalizado sus solicitudes para ser congelados críonicamente en la Alcor Life Extensión Foundation.

## **Dr. Michael West**

<http://www.michaelwest.org>

Licenciado en el Rensselaer Polytechnic Institute en 1976, Master en Ciencias y Biología en la Andrews University y doctorado en el Baylor College of Medicine en 1989, estudiando biología molecular en el envejecimiento celular. Fundador de la Geron Corporation de Menlo Park, California, y de la Origen Therapeutics of South San Francisco, California. En la actualidad ostenta la presidencia del Board of Origen. Tiene una dilatada experiencia académica y comercial en enfermedades degenerativas relacionadas con el envejecimiento, biología molecular de la telomerasa y en células madre embrionarias humanas.

## **Dr. Brian Wowk**

<http://www.21cm.com>

Físico, criobiólogo y científico en el 21st Century Medicine, Inc., en Rancho Cucamonga, California, una empresa especializada en la preservación a bajas temperaturas de tejidos y órganos para aplicaciones médicas. Sus intereses en la actualidad incluyen el estudio de moléculas que fuercen e inhiban los cristales de hielo ("bloqueadores de hielo"), así como la física e ingeniería necesaria para conservar órganos trasplantables. El Dr. Wowk es uno de los pocos científicos en el mundo implicados directamente en la preservación de órganos a temperaturas criogénicas. También, y desde hace dos décadas, sigue muy de cerca todo lo que acontece en el controvertido campo criónico.

## NOTAS DE LOS EDITORES

### EL IMMORTALITY INSTITUTE

Avanzando en su objetivo de "conquistar la plaga de la muerte involuntaria", el Institute representa la punta de lanza en el movimiento por la extensión de la vida. Con un alto número de proyectos y una base de socios y afiliados creciente en todo el mundo, el Immortality Institute ha adquirido gran nivel y alcance desde su creación en 2002. Como organización educativa sin ánimo de lucro, el éxito del Institute se debe por completo al respaldo de su equipo de voluntarios entregados.

<http://Immlnst.org>

### LIBROS EN RED

Desde mayo de 2000 y según Alexa (controlador de tráfico en la Red), es el primer website de publicaciones on line y de ventas en español.

Son 350.000 los miembros registrados que reciben boletines mensuales de LibrosEnRED. Los libros se publican en formato electrónico (e-books) y en papel (con un sistema de impresión bajo demanda). Estos libros se venden en nuestra librería virtual, con enlaces desde más de 300 websites y a través de Amazon.com y BN.com

<http://LibrosEnRed.com>

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a todos aquellos que han hecho posible este libro. Primero y sobre todo, gracias a la comunidad on line del Immortality Institute por sus ánimos, críticas y valiosas sugerencias. Muchas gracias a Michael Anissimov, Justin Corwin, Kevin Perrott, Keneth X. Sills, Don Sparton y Alexandra Stolzing por sus consejos e inestimable ayuda durante el proceso de edición. Gracias también a Gustavo Faigenbaum, Vanesa L. Rivera y a todo el personal profesional y paciente de Libros en Red. Miles de gracias a los autores por prescindir de las rentas potenciales provenientes de esta publicación para beneficio del Institute. Y por último, muchas gracias a todos aquellos científicos y precursores que están trabajando en este momento en la conquista científica de la muerte.

Sin ellos, este libro y las ideas que se tratan en él, nunca se habrían podido, ni tan siquiera, imaginar.

## Editorial LibrosEnRed

**LibrosEnRed** es la Editorial Digital más completa en idioma español. Desde junio de 2000 trabajamos en la edición y venta de libros digitales e impresos bajo demanda.

Nuestra misión es facilitar a todos los autores la **edición** de sus obras y ofrecer a los lectores acceso rápido y económico a libros de todo tipo.

Editamos novelas, cuentos, poesías, tesis, investigaciones, manuales, monografías y toda variedad de contenidos. Brindamos la posibilidad de **comercializar** las obras desde Internet para millones de potenciales lectores. De este modo, intentamos fortalecer la difusión de los autores que escriben en español.

Nuestro sistema de atribución de regalías permite que los autores **obtengan una ganancia 300% o 400% mayor** a la que reciben en el circuito tradicional.

Ingrese a [www.librosenred.com](http://www.librosenred.com) y conozca nuestro catálogo, compuesto por cientos de títulos clásicos y de autores contemporáneos.