

Sobre el concepto de tiempo fisiológico

I

Desde las épocas más remotas el concepto de tiempo ha preocupado a los filósofos. En tiempos más modernos esta entidad ha sido más bien objeto de meditación para los matemáticos, físicos y biólogos.

Hace más de dos mil años Aristóteles (384-332 a. d. J. C.) en su física, libro IV, capítulo XIV, decía: «Existe un solo y mismo tiempo que transcurre en dos movimientos de una manera semejante y simultánea; y si estos dos tiempos no fueran simultáneos, serían, sin embargo, de la misma especie... Así, para movimientos que tienen lugar simultáneamente hay un solo y mismo tiempo, aunque esos movimientos sean o no igualmente rápidos; y esto aún cuando uno de ellos sea un movimiento local y el otro una alteración... Por consiguiente, los movimientos pueden ser otros y producirse independientemente el uno del otro; de una parte y de la otra, el tiempo es absolutamente el mismo».

Esta idea aristotélica del tiempo es, en el fondo, la adoptada en sus mecánicas por Galileo y Newton.

Sin embargo, Lucrecio, (95-53 a. d. J. C.) tiene un concepto de tiempo que contiene implícitamente la idea de espacio. Comentando la doctrina de Epicuro, dice Lucrecio en «De Natura Rerum»: «El tiempo no existe por sí mismo, sino por los objetos sensibles, de los que resulta la noción de pasado, de presente, de porvenir. No se puede concebir el tiempo en sí e independientemente del movimiento o del reposo de las cosas».

Para Newton, el tiempo y el espacio son rígidos y absolutos. Del tiempo dice: «El tiempo absoluto, verdadero y matemático transcurre en sí y por su naturaleza uniformemente, y sin referencia a ningún objeto exterior. También es designado con el nombre de duración». Para Kant, el tiempo es «la forma interior de la representación» en tanto que el espacio es su «forma exterior». De esta suerte, el espacio sería proyectado exteriormente por nuestra razón y el tiempo interiormente como forma necesaria y previa de toda experiencia objetiva posible.

Para Einstein, no hay espacio absoluto. Todos los sistemas de coordenadas son equivalentes entre ellos. Esta equivalencia de todos los sistemas de coordenadas exige la anulación del concepto de tiempo absoluto. De manera que cuando se pasa de un sistema de coordenadas a otro no sólo se transforma cada coordenada del espacio sino también la coordenada del tiempo.

Surge, en primer término, la duda de si el tiempo tiene existencia propia, fuera de la materia y de sus transformaciones y de los movimientos que se manifiestan en la naturaleza. Es evidente que tal tiempo no podría existir en un Universo inmutable e inmóvil, donde no habría pasado ni futuro y en consecuencia, el puente entre ambos, el presente, tampoco existiría. El tiempo existe sólo en la conciencia de los seres organizados. La noción metafísica y subjetiva del tiempo se reduce entonces a una sensación individual propia de cada uno. Esta noción de tiempo individual, extendida al universo ha dado nacimiento a la ilusión de un tiempo independiente de todas las cosas. Fuera del tiempo convencional, definido por medidas físicas existe un tiempo individual, biológico cuya definición daremos en las páginas que siguen.

¿Cómo se mide ese tiempo abstracto y qué grado de seguridad hay en su medida? Felizmente para nosotros, dice Karl Pearson (1), no estamos obligados a medirlo por una sucesión de estados de conciencia. Hay ciertas impresiones sensibles que, según nuestra experiencia, se repiten idénticas a ellas mismas y que, en término medio, corresponden a la misma rutina de conciencia. En primer lugar la alternación del día y la noche ha sido empleada desde las primeras edades de la historia del hombre para marcar aproximadamente las mismas sucesiones de impresiones sensibles. Un día y una noche son la medida de un cierto intervalo de conciencia. Que para un ser humano normal la misma cantidad de estados de conciencia puedan, al menos, aproximadamente, estar contenidos en cada intervalo de un día y una noche, es más bien un hecho de la experiencia que una cosa demostrable.

«Muchas cosas idénticas se hacen en intervalos de tiempo idénticos. Cuando decimos que hace cuatro horas que hemos almorzado, entendemos, en primer lugar, que la aguja grande de nuestro reloj ha dado cuatro vueltas al cuadrante de nuestro reloj, impresión sensible que podemos observar sin ningún inconveniente. ¿Pero cómo decidiremos si cada una de esas cuatro horas representa cantidades iguales de estados de conciencia, y la misma cantidad ayer que hoy? Puede que nuestro reloj haya sido comparado a un reloj tipo del observatorio. ¿Pero, con qué es regulado el reloj del observatorio? Sin entrar en detalles, éste es regulado en definitiva por el movimiento de la tierra alrededor de su eje. Admitiendo, por otra parte, como un resultado de la experiencia astronómica que los intervalos día y noche tengan una relación constante, podemos referir la regulación de nuestro reloj al movimiento de la tierra alrededor de su eje. Podemos regular lo que se llama el tiempo solar medio de un reloj ordinario por el tiempo astronómico, cuyos días corresponden a una vuelta completa de la tierra alrededor de su eje. Ahora, si un observador mira una estrella llamada circumpolar, es decir una estrella que permanece todo el día y toda la noche sobre el horizonte, la verá, como a la aguja de su reloj astronómico, describir un círculo; la estrella parecerá describir partes iguales de circunferencia en tiempos iguales, medidos según su reloj, es decir mientras que la punta de la aguja describe partes iguales de circunferencia. Así las horas anotadas según el reloj astronómico, y según todos los relojes ordinarios que él regula, corresponden a ángulos iguales de la rotación de la tierra alrededor de su eje. Referimos así nuestra medida del tiempo a la tierra considerada como cronómetro; admitimos que rotaciones iguales corresponden a intervalos de conciencia iguales.

(1) Karl Pearson, *The Grammar of Science*, Londres, 1911.

Pero si todos los relojes están situados sobre la tierra, ¿cómo podemos asegurarnos que la tierra misma es un cronómetro regular? Si la tierra se pusiera a girar poco a poco más lentamente alrededor de su eje, ¿cómo sabríamos que se atrasa y cómo medir la cantidad de tiempo perdido? Se podría responder que encontraríamos que el año tiene menos días; pero entonces, ¿cómo podríamos determinar que era el día que había aumentado y no el año que había disminuído? Aquí, todavía, se puede objetar que conocemos un gran número de períodos astronómicos relativos al movimiento de los planetas, expresados en días y que nos podríamos asegurar por comparación con esos períodos. A esto responderemos que la relación de estos períodos expresados en días y en función de cada otro período parece ahora ser invariable; pero, ¿qué sucedería si todas estas relaciones hubieran cambiado un poco desde mil o cinco mil años? ¿Qué cuerpo consideraremos como atrasándose o adelatándose? O, ¿qué sucedería si las relaciones de estos períodos, manteniéndose todas, se hubieran adelantado o atrasado? ¿Cómo podemos asegurar en tal eventualidad que la hora de hoy es el mismo intervalo de hace mil años o un millón de años? Ahora, ciertas investigaciones sobre la acción del frotamiento de las mareas hacen extremadamente probable el hecho que la tierra no sea un cronómetro perfecto; y que no hay derecho a suponer la regularidad, la única que, como sabemos, permitiría alcanzar el tiempo absoluto del movimiento de un cuerpo cualquiera según nuestra experiencia sensible».

Si el astrónomo no puede medir un tiempo absoluto e invariable tampoco el físico ofrece mayores seguridades. En efecto, imaginemos que se mida la distancia recorrida por la luz en un segundo. Mil años después otro observador vuelve a hacer la misma medición. Si encuentra que el segundo ha variado puede atribuirlo a cualesquiera de las siguientes causas: variación de la velocidad de la luz, o el sistema planetario atraviesa por una región del espacio donde la curvatura es diferente.

Si la tierra que es el reloj que mide nuestro tiempo y si este reloj nos ofrece dudas, un año de hoy, representa la misma cantidad de conciencia que hace un millón de años? No hay entonces proporcionalidad rigurosa entre el *fluir* de la conciencia y el tiempo físico absoluto.

De aquí el interés de la concepción de un tiempo interior, que se relaciona directamente con la conciencia y que tiene que ver con él la fisiología del individuo y por extensión con la especie. Este concepto, el de tiempo fisiológico, desarrollado de manera fascinante por Lecomte de Noüy, en su obra «*Le Temps et la Vie*», es el que expondremos a continuación.

II

Para llegar a la concepción de este tiempo es necesario conocer previamente el desarrollo de los fenómenos de cicatrización de las heridas y los de cultivo de tejidos «*in vitro*».

Los estudios de la cicatrización de las heridas se originaron durante la guerra europea y a instancias de Alexis Carrel quien había observado que las heridas cicatrizaban según una ley geométrica, desconocida cuantitativamente, y que sería interesante establecer. Se podría conocer también el efecto de los tratamientos y

el rol de los desinfectantes para acelerar o retardar la curación. Al efecto pidió su colaboración a Lecomte de Noüy del Instituto Pasteur.

Manteniendo las heridas completamente asépticas por medio de la solución Dakin o de cloramina, y siguiendo un ingenioso procedimiento para trazar el calco de las diversas etapas de laticatrización, Lecomte de Noüy obtenía los contornos de las heridas de cuatro

en cuatro días, tales como los de la fig. 1 que se refieren al herido de guerra N.º 221. En seguida llevó estos resultados a un gráfico en el cual en abscisas se marcaban los valores de los tiempos de cuatro en cuatro días y en ordenadas las superficies de las heridas en cm.² (fig. 2). Desde luego, Lecomte de Noüy encontró lógico comparar la disminución del tamaño de la herida primitiva S hasta S' con la superficie primitiva S o sea

$$\frac{S - S'}{S}$$

y como necesariamente debía también relacionarse con el tiempo, averiguó para una serie de heridas el valor de

$$\frac{S - S'}{S \cdot t}$$

Aplicando sucesivamente esta fórmula a una misma

herida no encontró un valor constante. Pensó entonces introducir la edad de la herida, T , o sea los días transcurridos desde el comienzo en que la herida estaba bacteriológicamente estéril. Al efecto agregó a t , en el denominador, \sqrt{T} , obteniendo así una relación constante, o sea:

$$k = \frac{S - S'}{S(t + \sqrt{T})} \quad (1)$$

$$S(1 - \frac{t + \sqrt{T}}{k}) = S'$$

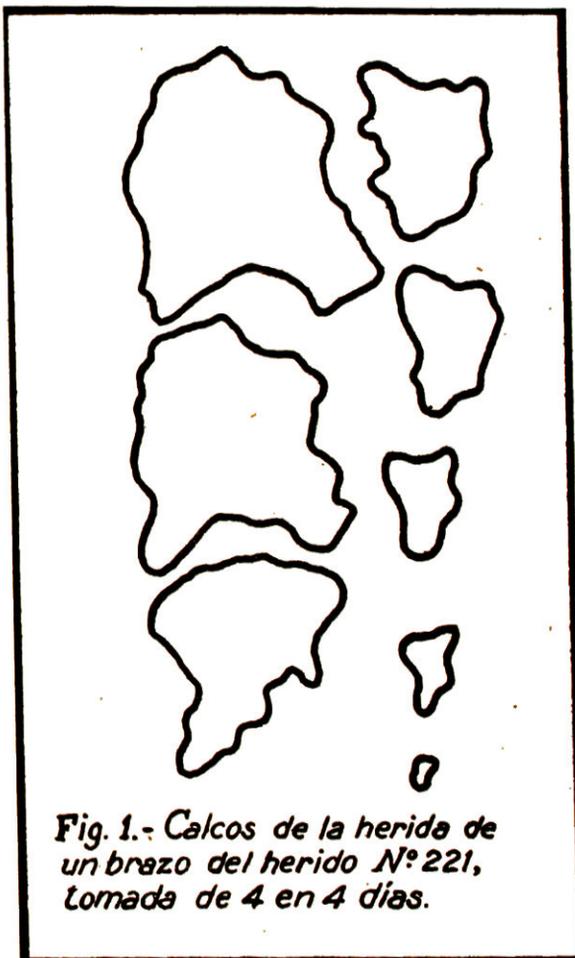
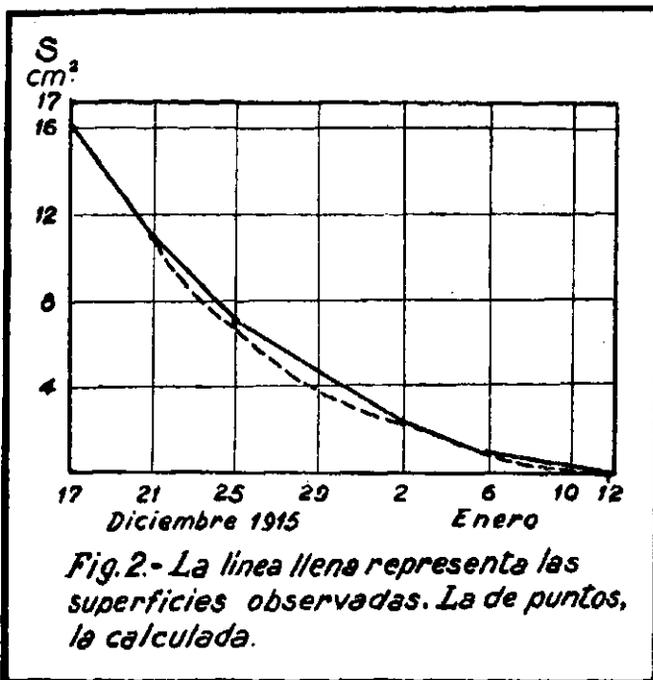


Fig. 1.- Calcos de la herida de un brazo del herido N.º 221, tomada de 4 en 4 días.

Tomando, como se ha dicho, $t = 4$ la fórmula (1) permite trazar, punto por punto, la curva de cicatrización. En efecto, de (1) se deduce:

$$S_n = S_{n-1} [1 - k(t + \sqrt{T})] \quad (2)$$

S_{n-1} representa entonces la superficie de la herida 4 días antes de la S_n que es la superficie de la herida después de T días desde el comienzo.

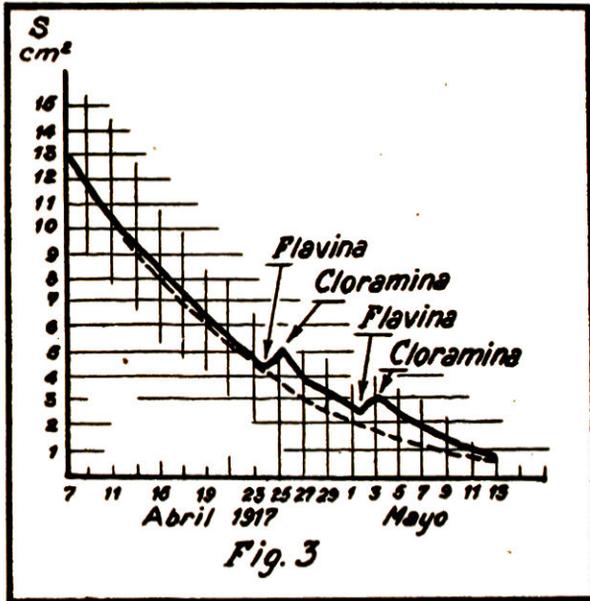


Esta ecuación empírica fué establecida basándose en cientos de observaciones de heridas que sólo pudieron efectuarse debido a la circunstancia del estado de guerra. Se trataba, naturalmente, de individuos seleccionados en condiciones de gran vitalidad, de edades entre 20 y 50 años, libres de enfermedades degenerativas, tales como alcoholismo, sífilis, diabetes o tuberculosis.

Trazando la curva de la ecuación (2) se podían también estudiar los efectos de los desinfectantes. El gráfico 3 muestra el efecto de la flavina comparado con la cloramina. El día 23 de abril se hace una curación con flavina y el efecto es no sólo de impedir la cicatrización, sino el de aumentar la herida (la curva real se aleja de la de puntos que es la curva teórica, calculada con la fórmula). En vez de combatir una pequeña infección que se había producido, la herida aumentó de 4,3 a 5,2 cm². La aplicación de cloramina el día 25 mejora la herida; una nueva aplicación de flavina el 1.º de mayo vuelve de nuevo a atrasar el proceso de cicatrización que se restablece con la cloramina. Durante todo el tiempo la herida permaneció bacteriológicamente estéril, pero la flavina tenía una acción necrosante. Finalmente, ambas

curvas coincidían al término de la cicatrización como si los tejidos hubieran almacenado la energía necesaria para recuperar el tiempo perdido.

El coeficiente k se conservaba constante en el mismo individuo durante el proceso de cicatrización, y como se desprende fácilmente de la fórmula, era posible calcularlo conociendo dos estados sucesivos de la herida. Lecomte de Noüy observó que mientras más joven era el herido tanto mayor era la rapidez de cicatrización.



Observó también que las heridas chicas cicatrizaban más rápidamente. Luego el coeficiente k era característico para la edad del individuo y para el tamaño de la herida. Por tal razón lo denominó *índice de cicatrización* i .

Con las cifras experimentales se podía entonces trazar una serie de curvas (fig. 4), una para cada edad, y que responden a la fórmula

$$S_n = S_{n-1} [1 - i (t + \sqrt{T})] \quad (3)$$

que es la fórmula (2) en que se ha puesto

$$i = k$$

Lecomte de Noüy desarrolló otra fórmula de origen más matemático, pero que, naturalmente, requiere el uso de coeficientes experimentales, como sigue: En el tiempo dt la superficie cicatrizante es proporcional a la superficie total de la herida, y se tendrá:

$$-dS = KS dt \quad \text{integrando}$$

$$\dot{T} = - \int_{S_0}^S \frac{dS}{KS} = - \frac{1}{K} \int_{S_0}^S \frac{dS}{S}$$

$$T = \frac{1}{K} \ln \frac{S_0}{S}$$

de aquí:

$$S = S_0 e^{-KT} \quad (4a)$$

Comparando esta fórmula con (3) se encuentra que el coeficiente K es variable y es necesario hacerle una corrección. No reproduciremos las consideraciones

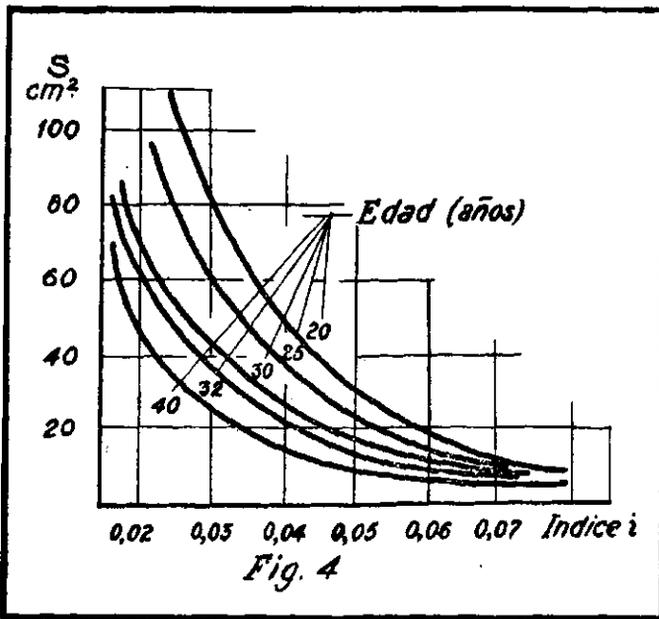


Fig. 4

que dicen relación con el proceso íntimo de la cicatrización y que permitieron a Lecomte de Noüy corregir el coeficiente K para que diera los mismos resultados que la fórmula (3). La fórmula corregida (4a) se convirtió en

$$S = S_0 e^{-K \left(T + \frac{T_2}{2p} \right)} \quad (1) \quad (4b)$$

Hemos apuntado la fórmula (4a) para diversas consideraciones que haremos más adelante.

(1) El detalle del desarrollo de esta fórmula se encuentra en un trabajo de L. de N. en el «Journal of Experimental Medicine», vol. 29, pág. 329, 1919.

Las fórmulas anteriores permitieron a Ebeling del Instituto Rockefeller, demostrar que los mecanismos de la reparación celular son de naturaleza química. Al efecto, aprovechó la ley conocida de la velocidad de las reacciones químicas, que aumenta alrededor de 2,5 veces por cada 10 grados de elevación de temperatura. Este coeficiente 2,5 es el llamado coeficiente de Van t'Hoff. Se trataba entonces de hacer variar la temperatura de un ser vivo en magnitudes de ese orden. Había que rechazar la experimentación humana, porque el hombre posee un mecanismo de regulación de temperatura que se mantiene, en salud normal, alrededor de 37° sin que se pueda influir en gran escala, sea variando la temperatura ambiente o por otros medios. Hubo entonces de recurrirse a los animales llamados, impropriamente, de sangre fría, pues en realidad la sangre de estos animales se mantiene a la temperatura ambiente, porque carecen del mecanismo de regulación térmica. Se tomaron para la experiencia aligatores de Florida y se practicaron en ellos heridas experimentales. Se constató que la velocidad de cicatrización variaba en promedio alrededor de 2,12 por cada 10 grados de ascenso o descenso de temperatura. Se comprobó así que en el fondo de los fenómenos de cicatrización hay fenómenos químicos, puesto que obedecían a la ley de Van t'Hoff. Cabe también observar el efecto de los desinfectantes, que son substancias químicas, en la cicatrización de las heridas.

III

El Dr. Carrel, por diversas experiencias se convenció que el envejecimiento provenía del sérum, el cual, a medida que el animal envejece, se carga de toxinas. En un perro viejo que había en su laboratorio practicó el siguiente experimento. Anestesiado convenientemente le extrajo por la carótida los 2/3 de la sangre. La sangre fué centrifugada para separar los glóbulos rojos del sérum. Los glóbulos rojos fueron lavados en la solución de Ringer (solución de coloruro de sodio, potasio y calcio en proporciones análogas a las de la sangre) y mezclados finalmente con una cantidad suficiente de la misma solución para restablecer el volumen primitivo de la sangre extraída. Se reinyectó al perro la solución, se cosió la herida y se esperó algunos días hasta que se restableció. Se practicó nuevamente la operación, a fin de reemplazar totalmente el sérum por la solución de Ringer. El perro sobrevivió; corría y ladraba con entusiasmo, los ojos volvieron a tener la viveza de la juventud, el pelo creció fuerte y lustroso. Había rejuvenecido. Carrel confirmaba con esta hermosa experiencia la hipótesis de que la toxicidad del sérum aumenta con la edad y que los síntomas de senectud son la expresión de cambios físico-químicos y químicos que se producen con el tiempo.

Veamos como se podría llegar a una expresión matemática de la ley que debe seguir esta toxicidad. Evidentemente, el aumento de la toxicidad se produce por la disolución continua de toxinas que van cargando el plasma sanguíneo a medida que transcurre el tiempo. Si llamamos C un cierto grado de concentración tóxica del plasma en el instante t , el incremento de la concentración durante dt será:

$$C + dC = C + CK dt$$

$$\frac{dC}{C} = K dt$$

$$C = C_0 e^{KT} \quad (5)$$

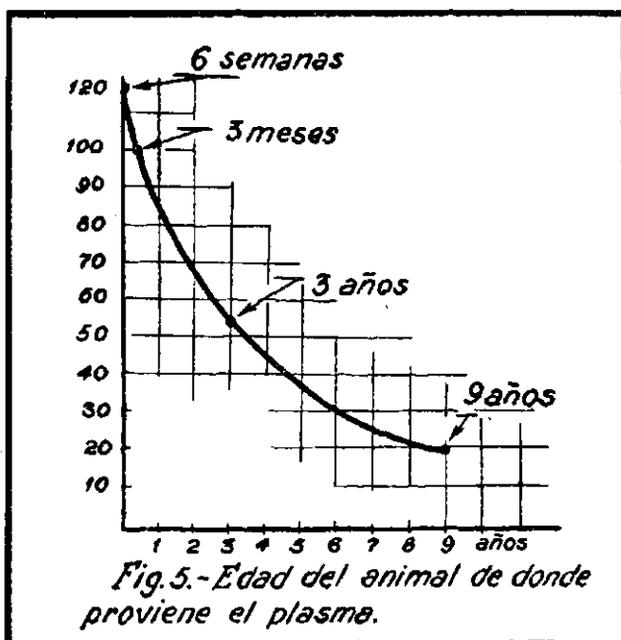


Fig. 5.- Edad del animal de donde proviene el plasma.

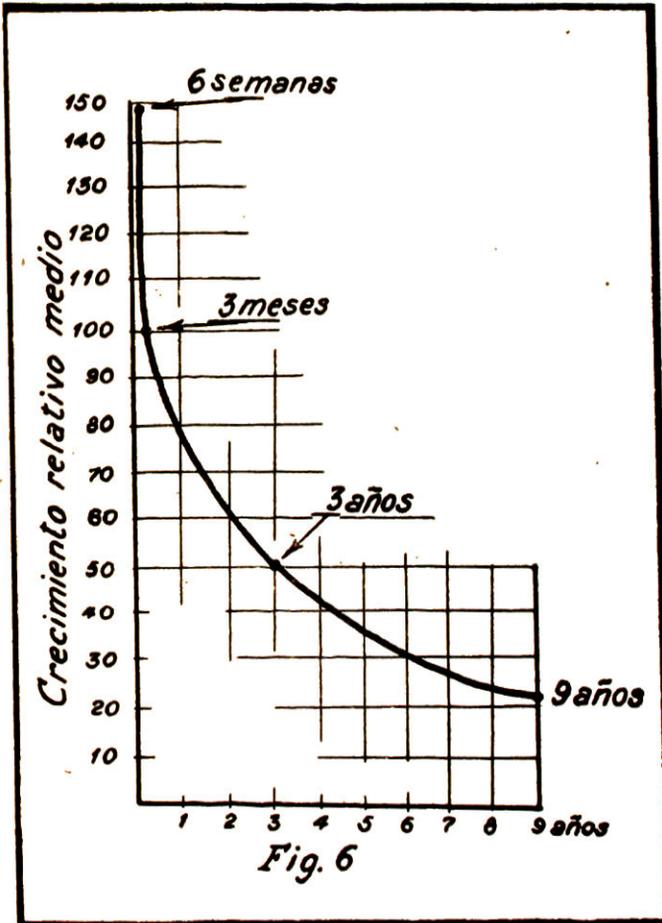
Suponiendo que el coeficiente K sea idéntico al que regula la cicatrización de las heridas en la ecuación (4a), se tendrá multiplicando, miembro a miembro, las fórmulas (4a) y (5).

$$SC = S_0 C_0 = e^{Kt}$$

O sea que para que disminuya la superficie S de una herida es preciso que aumente la toxicidad del plasma. Comparando sujetos de diversas edades, mientras más viejo es el individuo la toxicidad del plasma es mayor y la cicatrización, medida por S , debe ser más lenta. Los valores S y C responden a una hipérbola.

Valiéndose de una técnica que merece calificarse de maravillosa, Carrel quiso constatar por medio de cultivos la relación que existía entre el plasma sanguíneo y el fenómeno de envejecimiento. Al efecto hizo cultivos de tejido conjuntivo en sérum de pollos. Encontró que si el sérum de un pollo de seis semanas no afectaba el crecimiento del cultivo, el crecimiento era retardado si el pollo era más viejo.

Otro tanto pasaba con la duración de la vida del cultivo. Así, por ejemplo, si la duración del cultivo en el plasma de un gallo viejo era de 4 a 6 días, esa duración aumentaba a 15 días en el plasma de una gallina de tres años, a treinta días en la de un pollo de tres meses y a 46 días en el de un pollito de seis semanas. La tasa del crecimiento se modificaba de análoga manera y decrecía con la edad del animal



que proporcionaba el sérum. Se puede, entonces, trazar dos gráficos. En el de la figura 5 se ve la variación de la vida de los cultivos en relación con la edad del animal que ha proporcionado el plasma. En ordenadas se han notado %, tomando la duración de la vida del cultivo en plasma de tres meses igual a 100. El gráfico de la fig. 6 se ha trazado de manera análoga y se refiere al crecimiento.

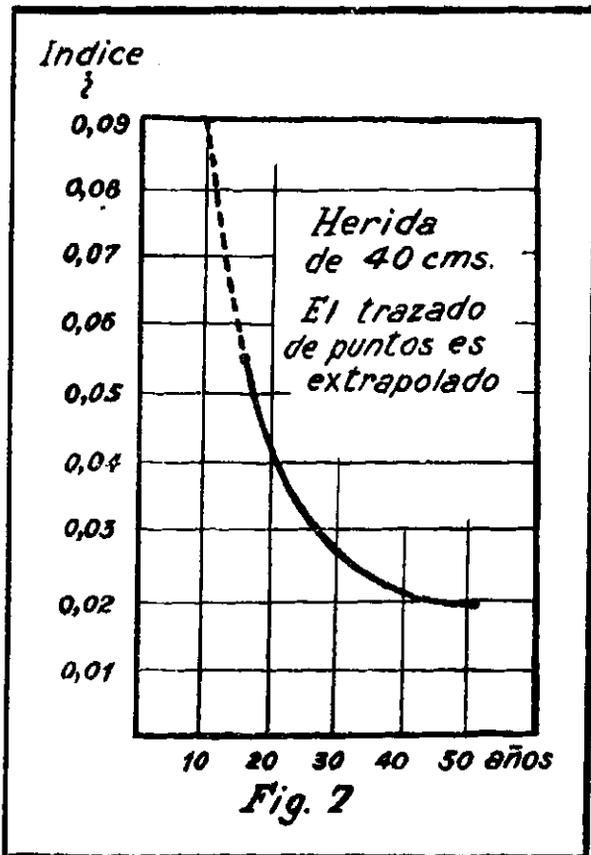
En ambos casos se ha hecho referencia al sérum de tres meses = 100, porque es el usual en esta clase de cultivos.

Si se traza ahora, una curva de los índices de cicatrización para una herida

cualquiera (40 cm² en este gráfico) se encuentra una gran semejanza entre esta curva y las dos anteriores (fig. 7), lo que demuestra la similitud de los fenómenos.

IV

Antes de Carrel varios investigadores habían tratado de mantener trozos de tejidos vivos fuera del organismo. Pero se necesitó de la técnica refinada de Carrel



para poder conservar tejidos en vasos especiales, y por un espacio de tiempo indefinido. Así, por ejemplo, células que descienden de un pequeño trozo de corazón de pollo extraído en 1912 están aun vivas y continuarán viviendo, salvo que les ocurra un accidente. Estos cultivos se dividen por mitad cada dos días. Si no se practicara esta división el tejido ocuparía en poco tiempo un volumen fantástico, puesto que se duplica cada 48 horas. Al fin del primer año habría alcanzado a 613×10^{43} metros cúbicos. Este volumen es mayor que trece cuatrillones de veces el volumen del sol. Sin embargo, esta cifra no tiene significado alguno porque no habiendo sis-

tema circulatorio las células interiores mueren por falta de alimentación y además las toxinas son causa de la muerte de las demás células. Para perpetuar las células, los cultivos se hacen en capas muy delgadas o fragmentos muy pequeños en los que todos los cambios se hacen por la superficie. El medio de cultivo en vez de plasma sanguíneo, como en los casos que acabamos de ver, es el llamado jugo de embrión que se obtiene moliendo un embrión de pollito de ocho días. Esta especie de papilla se mezcla con una solución salina complicada de composición determinada. La mezcla se centrifuga y se decanta obteniendo el jugo de embrión que sirve de medio de cultivo. Fuera del jugo de embrión se emplea un soporte que es una gota de plasma coagulado de gallina. En esta gota, o en su superficie, se coloca el cultivo del tamaño de unos dos mm.² A medida que aumenta la edad del cultivo las dificultades para la conservación se hacen cada vez mayores. Los tejidos tienden a degenerar y sólo Carrel, gracias a su técnica y a un personal especializado ha conseguido mantener células indefinidamente.

V

Hemos visto en los capítulos anteriores que pueden practicarse experiencias que permiten estudiar cómo se produce el envejecimiento. Uno es el de la cicatrización de las heridas y el otro el de los cultivos de células en el laboratorio. Las células de cultivo son susceptibles de vivir indefinidamente pero tan pronto se les agrega el sérum del animal envejecen siguiendo el ritmo de la especie. El cultivo no tiene vida propia sino que representa una suma de las vidas elementales de las células. En este sentido es comparable a una especie, porque la especie persiste sin consideración a la muerte de sus individuos. Este tiempo de la especie puede entonces asimilarse al tiempo sideral, sin principio ni fin, que transcurre uniforme y rígido. El otro, el tiempo fisiológico, es un tiempo con memoria, limitado al curso de una vida, que comienza con el nacimiento y termina con la muerte.

Para llegar a una medida del tiempo fisiológico era necesario eliminar la superficie, es decir, encontrar un coeficiente independiente de las dimensiones de la herida y que expresara la actividad fisiológica característica de una edad determinada. Lecomte de Noüy, basándose en un gran número de observaciones, encontró que multiplicando en cada edad el índice i por la raíz cuadrada de la superficie de la herida se llegaba siempre a un valor prácticamente constante. Así para 30 años se puede formar el siguiente cuadro:

Superficie de la herida S	Indice i	\sqrt{S}	$i\sqrt{S} = A$
80 cm ²	0,0200	8,94	0,180
70 »	0,0220	8,37	0,184
60 »	0,0250	7,75	0,194
50 »	0,0275	7,07	0,194
40 »	0,0310	6,32	0,196
30 »	0,0375	5,48	0,205
25 »	0,0400	5,00	0,200
20 »	0,0465	4,47	0,208
15 »	0,0525	3,87	0,204
10 »	0,0625	3,16	0,197
Suma			1,962

Promedio $\frac{1,96}{10} = 0,196$

Adoptando el término medio 0,196 la mayor diferencia es de 0,016 o sea el 8,15%.

Este porcentaje es muy aceptable porque se basa en un número relativamente pequeño de observaciones. Para llegar a un valor exacto hasta la tercera decimal se necesitarían más de 10,000 observaciones. Esta constante A, que Lecomte de Nouÿ ha llamado constante de actividad fisiológica, es independiente del tamaño de la herida y su valor sólo cambia con la edad del individuo.

Para diversas edades se puede formar el cuadro siguiente:

Edad e	Constante A	A . e	5,2 - 1
20 años	0,260	5,20	1
25 »	0,225	5,60	1,07
30 »	0,196	5,88	1,13
32 »	0,188	6,00	1,15
40 »	0,144	5,76	1,11
50 »	0,103	5,15	0,99

En la columna 1 se han apuntado las edades y en la columna 2 los valores correspondientes de A. En la columna 3 los productos de A.e y en la 4 los mismos productos divididos por 5,2. Las dos últimas columnas nos servirán para una comparación que haremos más adelante.

Para la edad de 10 años sólo hay una observación que da $A = 0,4$. Para 50

años 2 observaciones que dan $A = 0,103$ y para 60 un solo caso que da $A = 0,08$. Estos tres valores basados en tan pocas observaciones son, pues, dudosos.

Veamos ahora cómo se interpretan los valores de A . Consideremos una herida de una superficie determinada 10, 20, 30. cm.², pero siempre la misma en diversas edades. Si un joven de 20 años, por ejemplo, cicatriza una herida en 20 días, un hombre de 40 años cicatrizará una herida del mismo tamaño en su tiempo que guarda relación con el coeficiente A :

$$\frac{A_{20}}{A_{40}} = \frac{0,260}{0,144} = 1,81$$

o sea, el hombre de 40 años tardará $1,81 \times 20 = 36,2$ días. Un niño de 10 años cicatrizará a su vez cinco veces más ligero que un hombre de 60, o sea en la relación de

$$\frac{A_{10}}{A_{60}} = \frac{0,4}{0,08} = 5$$

etc. Si representamos por 100 el índice a los 20 años, tendremos:

$$\begin{aligned} A_{10} &= 153 \\ A_{20} &= 100 \\ A_{30} &= 75 \\ A_{40} &= 55 \\ A_{50} &= 40 \\ A_{60} &= 31 \end{aligned}$$

Expresado lo anterior con palabras se puede decir que los organismos necesitan tiempos diferentes para efectuar el mismo trabajo a diferentes edades. Resulta entonces que el trabajo se verifica a diferentes velocidades según la época de la vida; esto en la hipótesis de que se use como unidad de tiempo la unidad sideral o física, medida por los astrónomos y el ritmo regular de los relojes. En la experiencia relatada más atrás, sobre la velocidad de cicatrización en los aligatores se demostró que el fondo del proceso era de naturaleza química, ya que estaba ligado al coeficiente de van't, Hoff.

Creemos de interés señalar aquí otras dos experiencias que confirman la naturaleza química de reacciones que hacen variar la apreciación del tiempo.

En el año 1928 el señor Marcel François, en una nota enviada a la Société de Biologie, titulada «Sur l'influence de la température interne sur l'appréciation du temps», se ocupa en averiguar si la percepción del tiempo es influenciada por la activación de las reacciones internas. Al efecto sometió a individuos a la diatermia. Estos individuos debían dar durante el tratamiento tres golpes por segundo, golpes que eran registrados por un manipulador Morse. El paciente volvía a dar los mismos tres golpes por segundo después del tratamiento de diatermia. En la sesión de diatermia la temperatura se elevaba en $0,6^\circ$. A pesar del débil aumento de temperatura, François constató que los sujetos de experimentación con-

traían el tiempo en conformidad al coeficiente de van't Hoff, que variaba entre 2,75 y 2,85, cifras satisfactorias en relación con 2,5 si se consideran los débiles aumentos de temperatura. Estos resultados fueron confirmados posteriormente (1933) por Hoagland (H. Hoagland, *Pacemakers in relation to aspect of behavior*, Mac-Millan, New York, 1935).

Otros experimentadores (Kolmus, Wahl y Grabenberger) han hecho otros curiosos experimentos que demuestran la base química en la apreciación del tiempo. Observando grupos de abejas, hormigas y termitas, acostumbrados a buscar su alimento a una hora determinada, los experimentadores mencionados encontraron que aumentando la temperatura los insectos acortaban los intervalos de tiempo entre las comidas, o sea, que el tiempo percibido se dilataba. Lo contrario ocurría cuando se disminuía la temperatura.

VI

Cada uno de nosotros ha meditado alguna vez, en forma inconsciente, sobre la noción de tiempo fisiológico. En efecto, todos recordamos cuán largos nos parecían los años de la niñez y cuán breves parecen transcurrir los años de la edad madura. En primer término se trata de un fenómeno de memoria, pues para el niño de 10 años, su año es 1/10 de su tiempo vivido, en tanto que para el hombre de 40 años su año representa 1/40 del tiempo vivido. Para el hombre de 40 años el tiempo transcurre 4 veces más ligero que para el niño de 10.

¿Pero cuál puede ser el mecanismo de esta memoria? No existen hechos precisos y regulares que se registren en la memoria. En cambio hemos visto como la modificación de los humores que se van cargando progresivamente de productos tóxicos de año en año, van dejando trazas indelebles en el organismo, trazas que se constatan por la disminución progresiva de la actividad de reparación de los tejidos. Se va registrando así, químicamente, podría decirse, el tiempo en la memoria. No puede tratarse de un mecanismo idéntico al de la memoria sensorial que conserva y evoca los acontecimientos registrados en los sentidos sin respetar las dimensiones del tiempo, como ocurre en los sueños.

Puede argumentarse que el niño experimenta mayor número de sensaciones en el curso de un año. Todo para él es nuevo. Sin embargo, al hombre moderno le es dado trasladarse hoy con gran rapidez, unas diez veces más ligero que hace 100 años, a grandes y pequeñas distancias. Es como si el tiempo se multiplicara en la misma proporción por la cantidad de sensaciones que se acumulan. Pero, a pesar del aeroplano y el automóvil y todos los medios veloces de transporte, el adulto sentirá que cada año se acorta. Su reloj interior, que sólo tiene que ver con los procesos fisiológicos individuales marca su tiempo implacablemente, independientemente de los acontecimientos del mundo exterior.

Si la curva que representa la velocidad de reparación coincidiera, aunque fuera aproximadamente, con la curva de la apreciación del tiempo derivada de la memoria, tendríamos una razón más para creer que la apreciación del tiempo hecha a través de la memoria es un fenómeno de registro químico.

Designemos con x la edad de un individuo. Un año de su vida queda representado por

$$\frac{1}{x}$$

Este año variable que designaremos por y será entonces,

$$y = \frac{1}{x}$$

$$xy = 1$$

que es la ecuación de una hipérbola equilátera.

En la curva de la constante de la actividad fisiológica vimos anteriormente que haciendo el producto de la constante $A_{20} \times 20 = 1$ se podían escribir los siguientes valores relativos de la constante por la edad respectiva:

20 años	.....	1
25 »	.....	1,07
30 »	.....	1,13
32 »	.....	1,15
40 »	.....	1,11
50 »	.....	0,99

Como el producto xy es igual a 1 en la hipérbola, para cualquiera edad, la mayor diferencia alcanzaría a un 15% (para 32 años) al comparar las dos curvas. Los extremos para las edades de 20 y 50 años coinciden. Hay, pues, una concordancia bastante estrecha entre la curva de la cicatrización de las heridas, basada en un gran número de datos experimentales, y la curva que expresa los resultados de un razormiento basado en la simple observación.

Se llega así, fatalmente, a la conclusión de que los hombres viven en universos separados según su edad. Espacialmente pueden vivir cerca los niños, los jóvenes, los adultos y los viejos, pero vivirán siempre separados los unos de los otros por el tiempo.

VII

Veamos, finalmente, cómo se podría ligar la noción del tiempo fisiológico con la del tiempo físico.

Si se toma el tiempo fisiológico como unidad de comparación, el tiempo físico no transcurre uniformemente. Pero esto sólo es válido para el individuo. Si se considera la especie, el tiempo adquiere eternidad, no tiene principio ni fin, propiedad del tiempo físico. Por tal razón el tiempo, físico, sideral, puede designarse como el tiempo de la especie. Imaginemos ahora una infinidad de circunferencias rodando sobre una línea recta. Un punto cualquiera de una de esas circunferencias describe una cicloide que representaría la vida de un individuo con su tiempo variable en

relación con el tiempo sideral. La cicloide se repite indefinidamente, como las generaciones que se suceden por actos de reproducción.

Puntos análogos de las demás circunferencias producen y reproducen a su vez nuevas cicloides. Todas estas cicloides tienen una envolvente, que es una recta paralela a la recta de rodadura de las circunferencias. La envolvente es, entonces, la imagen del tiempo físico, uniforme, sin principio ni fin. La uniformidad del tiempo físico, exterior; resultaría así un concepto que reposa sobre una infinidad de elementos individuales, cuya continuidad se asegura por la memoria y la tradición.

NOTA.—Mientras se encontraba en prensa este artículo he recibido una comunicación del Dr. P. Lecomte du Noüy, en la cual, refiriéndose a la relación entre la toxicidad del serum y la velocidad de cicatrización ($SC=C^M$) dice lo siguiente: Su cálculo que reúne el poder tóxico del serum con la velocidad de cicatrización es interesante. Desgraciadamente expresa una relación que tendría sobre todo interés si supiéramos en que consiste ese poder tóxico. Actualmente no podemos hablar de él sino de una manera muy vaga, como de una hipótesis lógica.