

PLUTARCO NARANJO

TIEMPO BIOLÓGICO Y ENVEJECIMIENTO

SEPARATA DE LA
REVISTA DE LA CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA
Nº 23



EDITORIAL CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA
Quito - 1962

TIEMPO BIOLÓGICO Y ENVEJECIMIENTO

Cantilo (1), en su trabajo "La hipófisis y el tiempo individual", relata: "El 20 de Agosto de 1936 vino una niña a consultarnos. Esta niña parecía presa de una emoción apenas contenida y fue incapaz de explicarnos el motivo que la llevaba a consultar, limitándose a decirnos que su madre, que debía llegar unos instantes más tarde, nos explicaría su caso. Esta paciente era infantil bajo todos los aspectos; su tipo era el de una niña en la época de la prepubertad. Sin entrar aquí en los detalles de su larga historia clínica, diremos tan sólo que del prolijo examen médico hecho por uno de nuestros colaboradores y en la ignorancia total de la edad de esta niña, pudo obtenerse un diagnóstico preciso; esta niña aún cuando exenta de toda enfermedad orgánica, presentaba una gran insuficiencia funcional de la hipófisis. Empero —lo decimos ya para que puedan participar de la sorpresa que tuvimos al conversar con la madre de esta niña— el único motivo que la llevaba a consultarnos era su edad: aquella niña tenía treinta años.

"Aquel mismo día por una extraña casualidad tuvimos

oportunidad de observar en el hospital el caso antitético: el de una mujer avanzada ya, en la época del climaterio y cuya edad era también de treinta años. De ambos casos trazamos un paralelo que sirvió de base a nuestra comunicación al Congreso de Río de Janeiro, paralelo realmente impresionante: teníamos, en efecto, frente a nosotros la imagen de dos mujeres, ambas de treinta años, —treinta años de tiempo físico—; en otros términos, lo que convenimos en llamar dos mujeres adultas. No obstante, hubiese podido sin dificultad admitirse que una de ellas era la abuela, y la otra la nieta”.

La conclusión de Cantilo es que el tiempo no es igual para todo el mundo; cada uno tiene su tiempo individual.

Tiempo biológico: concepto.—Hace algunos años, gracias a las investigaciones de Lecompte Du Noüy (2), la biología hizo una interesante adquisición: el concepto de **tiempo biológico** o **tiempo fisiológico**

Los seres vivientes tienen un ritmo individual de transformación. La suma total de las transformaciones biológicas hacen la duración del individuo y constituyen, por ende, su tiempo biológico.

Tiempo biológico y espacio son las formas de existencia de la materia viviente (3). El tiempo biológico no coincide con el tiempo físico ni tiene un significado semejante.

Para los físicos, según el concepto einsteiniano, el tiempo es la cuarta dimensión del universo y es relativo a cada sistema de referencia. El reloj objetiviza el tiempo. Cualquier fenómeno puede ser empleado como reloj, a condición simplemente de que tal fenómeno sea reversible o capaz de repetición. La unidad de medida puede ser lo mismo el segundo, la hora o los siglos; la medida está condicionada por la reversibilidad del fenómeno. Dícese que un movimiento es reversible, como el movimiento periódico, cuando es factible de repetición, como el movimiento del péndulo o el paso de las estrellas por un determinado meridiano.

Si cinematografiamos un péndulo en movimiento, típico ejemplo de periodicidad y si al proyectar en la pantalla, comenzamos por el fin de la película, ninguno de los espectadores podrá darse cuenta del cambio y tendrá la ilusión de que se ha comenzado por el "principio". No se puede pues discernir por cuál de los extremos se ha comenzado ni si se ha seguido el curso normal del fenómeno o se ha hecho artificialmente "remontar el tiempo". Esto es justamente lo que caracteriza a un fenómeno reversible. Pero ya el propio Einstein expresó: "El sentir psicológico, subjetivo, del tiempo, nos permite ordenar nuestras impresiones, establecer que un suceso precede a otro. Pero relacionar todo instante del tiempo con un número, por ejemplo de un reloj, considerar el tiempo como un continuo unidimensional, es ya una invención".

Contrariamente a lo que sucede con el péndulo, existe otro tipo de movimiento: el irreversible o progresivo. La vida es un movimiento irreversible y cada ser viviente tiene su propio tiempo individual. El tiempo biológico es relativo a cada ser. Si volvemos al ejemplo anterior y cinematografiamos a un ser vivo desde cuando es huevo hasta cuando muere, al proyectar la película sobre la pantalla, podremos fácilmente comprobar por cuál de los extremos se ha iniciado, pues si se comienza por el cabo terminal, principiaremos viendo al individuo resucitar, rejuvenecer, hacerse niño, embrión y huevo; será divertida la visión, pero extravagante al mismo tiempo. El absurdo residirá en que este movimiento no es periódico sino irreversible y el curso de la vida sigue una sola dirección.

Sin embargo, en los animales de organización superior encontramos también el movimiento periódico y reversible —entendido dentro de la relatividad necesaria— como las pulsaciones cardíacas, las contracciones musculares, el peris-

taltismo intestinal, etc. Podría intentarse establecer una medida del tiempo con esta clase de movimientos pero son demasiado variables no sólo de un individuo a otro sino aún en el mismo individuo; sería como tratar de asignar el mismo valor a la duración de la circunvalación de los planetas en torno al sol o al movimiento periódico de los diversos cuerpos siderales.

Relatividad del tiempo biológico.—Las primeras fases de la vida son de intensa actividad. El organismo duplica su peso y su volumen en corto tiempo. Las células se multiplican de prisa y todas las funciones tienen un ritmo acelerado. Pasados los primeros años, correspondientes a la infancia y a la niñez, el organismo retarda temporalmente el ritmo de su metabolismo, de su crecimiento y en general, de todas sus funciones, para nuevamente acelerarlas en la pubertad. Después de esta época el ritmo funcional, el “tono fisiológico” va en progresivo descenso hasta la vejez y la muerte. En la vejez este ritmo, el intercambio metabólico se vuelve muy lento, perezoso.

El histólogo, el biólogo, saben de antemano cuál va a ser el destino de dos tejidos sometidos a un mismo medio nutritivo in-vitro, si el uno pertenece a un animal joven y el otro a un animal viejo. En el primer caso, el tejido aumentará prontamente de volumen y de peso, en razón de la activa cinesis de sus células; en el segundo, aumentará poco y degenerará muy rápidamente.

Es necesario en consecuencia, un número, una coordenada temporal, para expresar el fenómeno biológico. Se han ensayado varias técnicas para establecer una unidad y poder evaluar matemáticamente esta dimensión de la vida, pero hasta el momento no se ha conseguido algo definitivo (4).

“El hombre, dice Carrel (5), se encuentra constituido en su cuarta dimensión por una serie de formas que se super-

ponen y se funden las unas con las otras. Es huevo, embrión, niño, adolescente, adulto, hombre maduro y anciano. Estos aspectos morfológicos son la expresión de ciertos estados estructurales, químicos y psicológicos. La mayor parte de estas variaciones de estado no pueden ser medidas. Cuando lo son, no expresan sino un momento de los cambios progresivos cuyo conjunto constituye el individuo. La medida del tiempo fisiológico debe ser equivalente a la de nuestra cuarta dimensión en toda su longitud. La lentitud progresiva del crecimiento durante la infancia y la juventud, los fenómenos de la pubertad y la menopausia, la disminución del metabolismo basal, el encanecimiento de los cabellos, las ajaduras de la piel, etc., señalan las etapas de la duración. La actividad del crecimiento de los tejidos disminuye también con la edad. Se puede medir esta actividad en los fragmentos de los tejidos extirpados de los cuerpos y cultivados dentro de frascos adecuados. Pero nos da señas escasas sobre la edad del organismo propio. Ciertos tejidos, en efecto, envejecen más rápidamente que los otros. Y cada órgano se modifica según su ritmo propio, que no es, por supuesto, el del conjunto”

El tiempo físico, según Einstein (6), no es absoluto, es relativo al sistema de referencia, es relativo a la velocidad de movimiento del sistema. El tiempo biológico no sólo que resulta relativo a cada individuo, a cada ser, en conjunto, sino que es además, relativo a cada órgano, a cada tejido. Cada uno tiene su propio ritmo de existencia.

El tiempo biológico no “fluye” de modo uniforme. Ora se acelera, ora se retarda. En un mismo año uno puede vivir más en términos fisiológicos o vivir poco. Más todavía cuando se consideran los fenómenos psíquicos; el mismo individuo puede vivir más en un año de grandes y trascendentales acontecimientos que en 10 o más de “vegetar”.

La medición del tiempo biológico.—Lecompte Du Noüy

(2), hace varios años encontró que la velocidad de la reparación de una herida superficial estaba en razón directa del ritmo fisiológico general del ser. Cuanto más joven es un individuo, tanto más pronto se reparará la herida. Este fenómeno le permitió por primera vez medir el tiempo fisiológico. Estableció dos ecuaciones: con la primera se determina el llamado "índice de cicatrización", que depende de la superficie de la herida y de la edad cronológica del sujeto; y con la segunda se establece una constante que indica la actividad regeneradora de una edad fisiológica cualquiera. La constante es igual al producto del índice de cicatrización por la raíz cuadrada de la superficie de la herida. Mediante este sistema, Du Noüy ha conseguido un cuadro de edades, cada cual caracterizada por su propia constante. De acuerdo a dichas ecuaciones, el índice de cicatrización es tanto mayor, cuanto más joven es el individuo y más pequeña la herida; la velocidad de reparación es aproximadamente el doble a los 20 años que a los 40. Pero este método no es muy idóneo ni ha resultado práctico ya porque a partir de los 40 años de edad, más o menos, el índice de cicatrización se vuelve tan pequeño que casi no denota cambio de edad fisiológica, ya porque es requisito indispensable la existencia previa de una herida o el producirla para este fin.

Carrel (5), describió un nuevo método, más preciso, dice: "Sólo el plasma sanguíneo manifiesta durante toda la duración de la vida fenómenos característicos del envejecimiento del cuerpo entero. Contiene, en efecto, las secreciones de todos los órganos. Como forma con los tejidos un sistema cerrado, sus modificaciones repercuten necesariamente en los tejidos y viceversa. Padece durante el curso de la vida de cambios continuos. Estos cambios han sido descubiertos a la vez por el análisis químico y por reacciones fisiológicas. El plasma, o el suero de un animal que envejece, modi-

fica poco a poco su efecto sobre el crecimiento de las colonias celulares. La relación de superficie de una colonia cualquiera que vive en suero, a la de una colonia idéntica que vive en una solución salada, se llama índice de crecimiento. Este índice se torna tanto más pequeño cuanto más viejo es el animal al cual pertenece el suero. Gracias a esta disminución progresiva ha podido medirse el ritmo del tiempo fisiológico. Durante los primeros días de la vida el suero no retarda mayormente el crecimiento de las colonias celulares como lo retarda la solución salada. En este momento, el valor del índice se acerca a la unidad y en seguida, a medida que el animal envejece, el suero disminuye más y más la multiplicación celular, y el valor de índice se torna progresivamente más pequeño. Es generalmente nulo durante los últimos años de la vida”

Pero también con este método, al igual que con el de Du Noüy, en el primer caso el índice de crecimiento y en el segundo, el de cicatrización, en los últimos períodos de la vida se vuelve tan pequeño que no se puede precisar con exactitud la edad fisiológica. Queda en pie todavía la falta de un mejor método para la determinación del tiempo fisiológico, de manera precisa, en cualquier época de la vida.

El “fluir” del tiempo.—Sin embargo de los inconvenientes anotados, Carrel, ha podido dividir la vida de un perro en 10 unidades de tiempo fisiológico, con las que se puede medir la vida tanto como con años. Pero una unidad de tiempo fisiológico tiene muy diverso valor que una unidad de “tiempo solar”.

Efectivamente las primeras etapas de la vida contienen varias unidades de tiempo fisiológico; en tanto que las últimas contienen pocas unidades, contrariamente a lo que resulta cuando evaluamos la vida en años.

La figura 1 representa algunas de las posibles relaciones

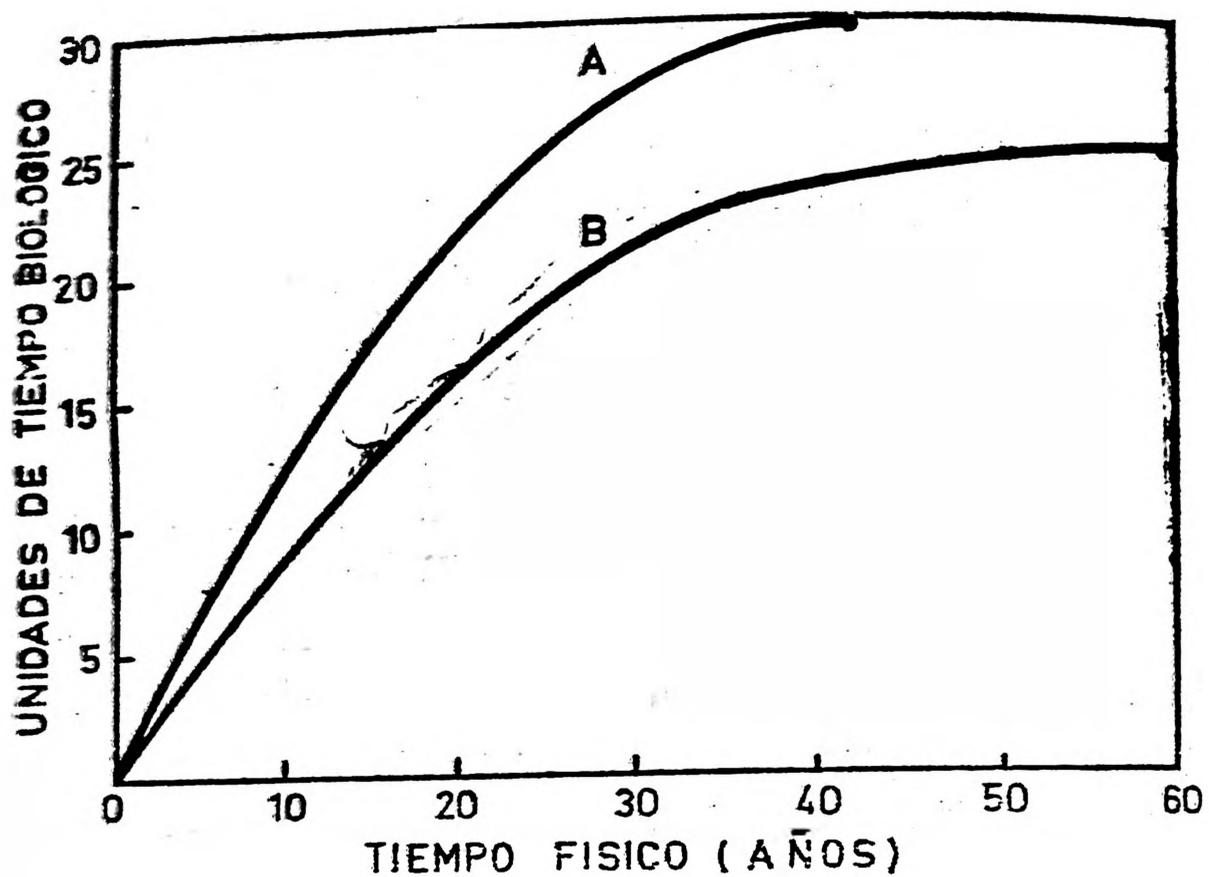


FIGURA 1

entre el tiempo biológico y el tiempo físico. Las curvas A y B corresponderían a 2 individuos, con distinto ritmo fisiológico. Mientras el individuo A tiene una rápida e intensa transformación biológica llega a la máxima edad biológica, que en este caso arbitrariamente la hemos dado un valor de 30, apenas habría llegado a una edad física de 40 años. El individuo B, en cambio, tiene un ritmo biológico más lento y aún a los 60 no ha llegado plenamente a la vejez biológica. La diferencia del ritmo biológico no es, entre los distintos individuos, igual a lo largo de toda la vida. Unos pueden tener, en términos de tiempo biológico una infancia más larga que otros, mientras que en los terceros podría ser la vejez más prolongada.

A diferencia del tiempo físico que es siempre igual, el tiempo biológico, es decir el conjunto de transformaciones de un organismo, varía a lo largo de la existencia y por consiguiente las diferentes medidas entre los individuos varían de un momento a otro, de una época a otra.

La diversa relación que hay entre un tiempo biológico cambiante y un tiempo físico constante, uniforme, da aquella impresión subconsciente de que cada vez "el tiempo se acorta". Cada año nos parece más corto. Cuando el niño ingresa a la escuela, los 10 meses del período escolar le parecen inacabables. Cuando el niño mira retrospectivamente al fin del curso el momento que se iniciaron las clases tiene la impresión de que se trata de un acontecimiento muy lejano. Es que durante esos 10 meses el niño ha vivido, ha durado biológicamente casi una eternidad. Su mundo biológico interior ha seguido un ritmo muy intenso de transformaciones. En cambio, cuán común es escuchar a los adultos y más todavía a los viejos, cada 31 de Diciembre "cómo ha volado este año, ha pasado en un abrir y cerrar de ojos". Y es que en ellos la magnitud de las transformaciones fisiológicas es mínima y por eso esa sensación subjetiva del volar del tiempo físico.

Carrel (5) hace de este fenómeno una muy bonita parábola: "El tiempo físico, dice, se desliza a una velocidad uniforme, mientras que nuestra propia velocidad disminuye sin cesar. Es como un gran río que corriese por la pradera. Al amanecer de su jornada, el hombre marcha alegremente a lo largo de su orilla y las aguas le parecen perezosas. Pero éstas aceleran poco a poco su curso. Hacia el medio día no se dejan ya llevar la delantera por el hombre. Cuando se aproxima la noche, aumentan su velocidad mucho más y el hombre se detiene para siempre, mientras el río continúa inexorablemente su camino. En realidad el río no ha cambiado jamás su velocidad. Pero la rapidez de nuestra marcha disminuye. Quizás la lentitud aparente del comienzo de la vida y la brevedad del fin se deben a que un año, representa, como se sabe, para el niño y para el viejo, distintas proporciones de su vida pasada. Es más posible, sin embargo que nos demos cuenta obscuramente de la lentitud progresiva de

nuestro tiempo interior, es decir, de nuestros procesos fisiológicos. Cada uno de nosotros es el hombre que corre a lo largo de la orilla mientras admira cómo se acelera el paso de las aguas”

Vejez y envejecimiento.—La vejez, considerada en términos fisiológicos, no comienza a una determinada edad cronológica. Decir que comienza a los 50, 60 o 70 años, es una invención, es una forma de concepción un poco relativa, convencional. El proceso del envejecimiento, podría decirse que comienza desde el primer día. Nunca más la intensidad, la velocidad de la transformación metabólica del primer día, de la primera célula, del huevo u oozigote, se repite en los días sucesivos; cada vez ese ritmo es distinto, va haciéndose más lento. No tiene un sentido absoluto, por lo tanto, considerar que un individuo comienza la fase de envejecimiento en una edad física determinada, aunque convencionalmente podría establecerse el límite de edad biológica desde el cual debería considerarse vieja a una persona.

El problema del envejecimiento, en cuanto al estudio de sus mecanismos íntimos, fisiológicos y bioquímicos es relativamente nuevo. Su investigación ha creado nuevos términos, nuevos conceptos.

En general, se denomina “gerontología”, el estudio del proceso biológico o fisiológico del envejecimiento, y “geriatria” a la especialidad médica que se ocupa de los viejos, tanto en sus aspectos fisiológicos, como sobre todo fisiopatológicos, clínicos y terapéuticos.

La geriatría y la gerontología van cobrando día a día más interés en el campo biológico y médico, sobre todo debido a las grandes conquistas que la medicina ha hecho en los últimos años. La gente hoy puede vivir, o por lo menos puede tener una expectativa de vida mucho más larga que la que tuvo hace 50 o más años; antes de la era de las vacu-

nas, de los quimioterápicos, de los antibióticos. Muchas de las principales causas que cercenaban tempranamente la vida han sido vencidas gracias a los actuales recursos higiénicos, dietéticos y terapéuticos. Ciertamente que en países subdesarrollados todavía las condiciones higiénicas y sanitarias son tales que el promedio de vida es aún de 30 o 40 años pero en los otros, el promedio de vida se eleva ya a 65, 70 o más años.

Los estudios realizados sobre todo en este último decenio, han llevado a conclusiones muy interesantes, aunque apenas constituyen el prólogo del gran libro que se escribirá en los años futuros. Los conocimientos actuales, apenas llegan al nivel fisiológico, habrá que seguir adelante, hasta conquistar el nivel bioquímico, para conocer, en términos moleculares, en qué consiste el envejecimiento y sobre todo para tratar de saber cómo podríamos retardar este proceso ya que, después de todo, el prolongar la vida, pero saludable y vigorosa es uno de los objetivos de la medicina y un sueño acariciado a través de siglos por el hombre. Mientras más años gana un individuo, por regla general, se apega y se agarra más a la vida y le gustaría vivir, cada vez un poquito más.

Desde los ya lejanos tiempos del "elixir de la vida" se han efectuado unos cuantos ensayos para prolongar la vida, Voronoff, por ejemplo, hace unos cuantos años, ensayó el injerto de glándulas sexuales de monos a humanos y creyó que con esto había conseguido prolongar la vida. Más tarde ha habido una serie de intentos; uno de los más importantes es el de Bogomolets, quien después de mucho estudio y experiencias preparó un suero, llamado antitóxico reticular con el cual creyó, así mismo, que se prolongaba la vida. En el plano estrictamente médico aún no estamos en posibilidad de prolongar artificialmente, con alguna substancia, la duración de la vida, de retardar el ritmo biológico del enveje-

cimiento. La medicina puede hacer aumentar, estadísticamente, el promedio de vida de una comunidad, pero gracias a medios de otra naturaleza: medidas higiénicas, sanitarias, etc., las cuales dejan el ritmo del envejecimiento individual inmodificado.

Estudios recientes revelan que, en primer lugar, muy poca gente muere verdaderamente de "vejez". Ciertas personas llegan a edad avanzada, mueren relativamente viejos, pero no todos mueren estrictamente de vejez; generalmente mueren de alguna de las tantas enfermedades a las cuáles el viejo se vuelve más susceptible, como enfermedades cardiovasculares, ciertas enfermedades de tipo degenerativo o infeccioso.

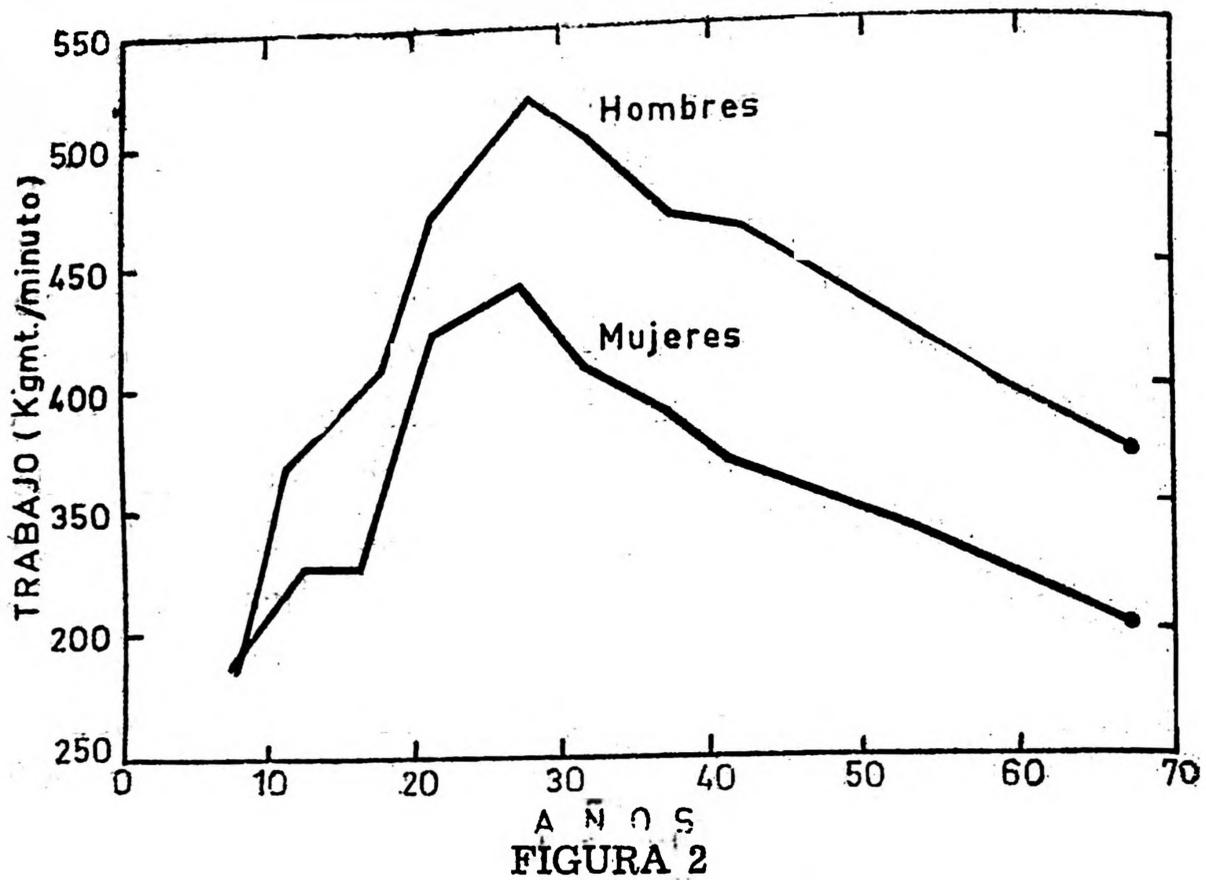
Las diferencias entre niño, adulto y viejo, no son simples diferencias cuantitativas. El niño no es un adulto de poco peso ni viceversa. Niñez, madurez, vejez son fases biológicas **cualitativamente** distintas; con sus propios caracteres bioquímicos y fisiológicos, con su propia patología. Desde el punto de vista terapéutico por ejemplo, el cálculo de la dosis, no es cuestión de pesar al niño, al adulto o al viejo y dividir una dosis teórica —para un hombre teórico, ideal de 70 kilogramos— para el número de kilogramos de peso del individuo concreto y proceder a administrar una droga. El problema es más complejo. El niño, mientras más pequeño, más inmaduros son ciertos tejidos u órganos, siendo incapaz de metabolizar ciertas drogas y por lo tanto éstas, pueden provocar fenómenos tóxicos. En el viejo, en cambio, han degenerado ciertos sistemas, ha perdido parte de su capacidad de eliminación y por lo tanto la cantidad de droga a administrarse a un viejo no puede estar sólo en relación a su peso sino a sus otras características biológicas. El mismo individuo a lo largo de la vida pasa por fases biológicas cualitativamente distintas, de modo que cuando fue niño biológicamente es

muy distinto de cuando es adulto y de cuando es viejo.

Disminución del número de células.—Uno de los hallazgos constantes en las investigaciones sobre el envejecimiento, es la pérdida de capacidad de los individuos en casi todos los aspectos. Desde luego, mientras la intensidad de los procesos bioquímicos va siempre retardándose y es un fenómeno irreversible, desde el primer día hasta cuando muere y en este sentido, también el fluir del tiempo fisiológico es desigual e irreversible, a diferencia del tiempo físico siempre igual y reversible, ciertas funciones, que implican la coordinación de varios sistemas u órganos y que requieren aprendizaje y entrenamiento, aumentan hasta una cierta época de la vida, después de la cual comienzan a declinar.

Shock (7), en la sección de gerontología del "Hospital de la Ciudad de Baltimore", ha efectuado muy importantes investigaciones sobre el proceso del envejecimiento. Sus estudios, iniciados en 1958 y aún en marcha, se han efectuado en grupos de varios centenares de personas, debidamente seleccionadas. Dicho autor ha encontrado, sometiendo a las personas en estudio a una serie de ejercicios y trabajos musculares, que la fuerza y capacidad de trabajo muscular aumentan progresivamente hasta cerca de los 30 años (figura 2), luego decrece a un valor equivalente al 60 o 70% del máximo, a los 70 años. El aumento y disminución es semejante en hombres y mujeres, aunque los hombres son capaces de desarrollar más fuerza física.

El viaje de "descenso biológico", para casi todas las funciones, se inicia, como en el caso de las funciones musculares, cerca de los 30 años. Estadísticamente así se ha demostrado; pero esto no quiere decir que todos los individuos envejecen simultáneamente. Hay grandes diferencias individuales. Shock (7) ha encontrado que ciertas funciones, en algunos individuos de 80 años, eran iguales a las del promedio de



personas de 50 años y por consiguiente éste y no aquél era su tiempo biológico individual. El secreto que hay que revelar y que permitirá prolongar la vida del hombre, es precisamente éste, el de por qué ciertas personas conservan una vitalidad muy superior a su edad física.

Si se exceptúa el hallazgo de que, estadísticamente en el promedio de individuos, la declinación de la mayoría de las funciones comienza cerca de los 30 años, el resto no ofrece novedad. ¿Quién no sabe que un viejo tiene menos fuerza que un joven? **Lo novedoso en las investigaciones de Shock, es que esta disminución de las funciones depende, esencialmente, de la disminución del número de células.**

El concepto que había primado hasta ahora había sido el de que el envejecimiento era consecuencia de un proceso de "degeneración"; que el viejo continuaba con el mismo número de células, aproximadamente, aunque fuesen células que perdían progresivamente su vitalidad, que ya no realizaban procesos metabólicos muy activos y que por lo tanto,

TABLA I

CAMBIOS ANATOMICOS Y FUNCIONALES QUE SE PRODUCEN EN EL ENVEJECIMIENTO

Carácter	Adulto	Viejo	% Dis- minu- ción
<i>Anatómico:</i>			
Peso total, hombres	167 lbr. (35-44)	155 lbr. (65)	7,2
Peso total, hombres	168 „ (65-69)	148 „ (90-94)	11,8
Peso total, mujeres	148 „ (65-69)	129 „ (90-94)	12,8
Peso del cerebro	1.375 gm. (30)	1.232 gm. (90)	10,4
Número de nefrones	800.000 (30-40)	450.000 (60-70)	43,8
Terminaciones gustativas, por papila	245 (20-30)	88 (70-85)	64,0
<i>Funcional:</i>			
Índice cardíaco (vol. mi- nuto/m ² superficie)	3,75 ltr. (20)	2,0 ltr. (90)	46,8
Captación de O ₂ /minuto ..	4,0 „ (20)	1,5 „ (75)	62,5
Conducción nerviosa:			
fibras A	80 mt/seg. (20)	70 „ (75)	12,5
fibras B	10 „ „ (20)	9 „ (75)	10,0
Flujo renal: ml/minuto ..	660/1,73 m ² (30)	250/1,73 m ² (80)	58,0
Metabolismo basal	40 cal/m ² /h. (25)	34 cal/m ² /h. (75)	15,0

NOTA.—Entre paréntesis, la edad en años. La mayoría de datos han sido tomados de Shock⁷.

iban perdiendo capacidad de rendimiento y de trabajo. La “degeneración”, en este sentido, es cierta pero hoy surge con gran fuerza, en razón de los hallazgos experimentales, el nuevo concepto: el de que la pérdida de capacidad fisiológica, se debe principalmente a pérdida de células; es decir, hay células que mueren y que no se reemplazan jamás. Se creía, por ejemplo, que el cerebro conservaba un número de células aproximadamente igual, siempre el mismo de más o me-

nos 14×10^9 de neuronas corticales. Hoy se encuentra que esto no es cierto, que el número de células no es una constante, por el contrario es una cifra que disminuye irremediable e irreversiblemente. El peso del cerebro del viejo es inferior al del joven y la disminución de las facultades intelectivas no se debería sólo a "degeneración", a lentitud del metabolismo de las neuronas, se debería sobre todo a pérdida irremediable de numerosas neuronas.

Desigual disminución de las funciones.—Otro de los hallazgos importantes de Shock y otros autores es que la disminución de las distintas funciones, durante el envejecimiento, no es igual (figura 3). Mientras ciertas funciones disminuyen muy poco, por ejemplo la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos no disminuye sino alrededor de un 10%; otras funciones disminuyen en una proporción mayor, por ejemplo el metabolismo basal, que es un reflejo del intercambio metabólico en todo el organismo, disminuye entre un 15 y 20%. Finalmente, otras funciones disminuyen en gran proporción. Aún una misma función, puede disminuir de modo desigual en distintas regiones del organismo. Por ejemplo la cantidad de sangre que circula por los distintos órganos disminuye en proporción desigual. El gasto cardíaco, es decir la cantidad de sangre que lanza a la circulación el corazón, a los 75 años, es de cerca del 70% del correspondiente a los 30 años. Pero mientras el flujo sanguíneo cerebral, es decir la cantidad de sangre que circula por el cerebro, en la unidad de tiempo, en comparación entre las dos edades, disminuye a sólo el 80%, el flujo sanguíneo pulmonar y sobre todo el renal disminuyen considerablemente, llegando éste último a cifras tan bajas como el 50%. Juzgando con criterio teleológico hasta podría considerarse que esta gran disminución del flujo sanguíneo en los riñones y otros órganos está dirigida a facilitar el mayor flujo sanguíneo posible hacia los centro-cerebrales.

Las funciones disminuyen de modo notorio no sólo debido a esta disminución del flujo sanguíneo sino a profundas alteraciones anatómicas. Hay una fuerte disminución del número de nefrones (tabla I); disminuye la velocidad de filtración por las alteraciones físico-químicas que se operan en el glomérulo, así como también disminuye la capacidad máxima excretoria. Por consiguiente el riñón del viejo requiere mucho más tiempo que el del joven para eliminar la misma cantidad de desechos metabólicos o de sustancias extrañas, como la mayoría de los medicamentos.

En cuanto a la función respiratoria, así mismo aunque la capacidad vital disminuye, relativamente poco, la captación máxima del oxígeno (figura 3), en cambio, disminuye bastante. Esta gran disminución de la captación de oxígeno se debe no solamente a la disminución de la capacidad vital, es decir de la cantidad de aire que se moviliza a través de las vías respiratorias en cada ciclo respiratorio, sino también a la disminución del número de respiraciones por minuto, a la disminución de la difusibilidad del oxígeno por un modificado epitelio pulmonar; disminución del flujo sanguíneo pulmonar y aún disminución de la capacidad de captación de oxígeno por parte de la hemoglobina. En consecuencia, a pesar de que la capacidad vital disminuye relativamente poco, la cantidad de oxígeno que la sangre puede acarrear del pulmón es bastante escasa y se convierte en un factor limitante de la actividad de varios órganos y sistemas.

Parece que un proceso de adaptación biológica a estas nuevas condiciones vitales hace que se establezca una especie de sistema de prioridades entre los distintos órganos y funciones y en el cual correspondería la primera prioridad al sistema nervioso central y, probablemente, entre las últimas prioridades estarían la del tejido muscular y los riñones.

El deterioramiento de las glándulas endocrinas, hasta donde se conoce hoy, es así mismo desigual. Mientras la ac-

ciones de Shock (7) se ha encontrado que en los troncos nerviosos disminuye el número de sus fibras entre un 20 y 30% en comparación entre la edad adulta y la vejez. Igualmente, hay disminución del peso del cerebro y evidencia de que disminuye el número de neuronas. Si bien es cierto que la transmisión del impulso nervioso se conserva muy poco alterada aún hasta edades muy avanzadas de 80 y 90 años, igualmente se conserva poco disminuída la actividad refleja medular, en particular la correspondiente a los reflejos mono y oligosinápticos, en cambio, disminuye considerablemente la actividad psíquica, considerada en conjunto. También en este caso la disminución de las distintas facultades psíquicas es desigual. Con relación a la memoria, por ejemplo, se pierde mucho más la memoria reciente, es decir de aquellos eventos de reciente data, de aquellos que implican recientes interconexiones neuronales y que implica por consiguiente neoestructuras de la memoria. Se conservan mejor las arquitecturas de la memoria, que implican interconexiones neuronales más primitivas. Al parecer el desaparecimiento progresivo de las neuronas afecta más a actos que integran las neoestructuras de la memoria. Esta pérdida de la memoria, al igual que, en general, de la capacidad y rendimiento intelectuales es hoy más comprensible gracias a las múltiples investigaciones realizadas últimamente en el campo de la neurofisiología y en particular, de la electroneurofisiología. Cada "cuantum" de memoria requeriría, para su integración, que el impulso nervioso que, por cualquiera de las vías de la sensibilidad o del sensorio, llega a la primera neurona cortical, siga una vía específica a través de un cierto número de neuronas. Cada vez que un impulso sigue exactamente esta misma vía volvemos a recordar exactamente el mismo objeto, el mismo acontecimiento. A este fenómeno psíquico denominamos memoria. El proceso del aprendizaje consiste pre-

cisamente en hacer recorrer un impulso nervioso numerosas veces la misma vía interneuronal. El primer estímulo apenas desbroza la montaña en tanto que los subsiguientes van abriendo y consolidando la vía. Es comprensible la pérdida de memoria en el viejo, si desaparece una o más neuronas de una determinada vía o se pierde la posibilidad de una interconexión.

El amplio horizonte de comprensión de los fenómenos y de los nuevos acontecimientos, característico del joven y el adulto, va reduciéndose progresivamente en el viejo a un círculo cada vez más pequeño. La velocidad misma de comprender un fenómeno, de formarse un juicio y de adoptar una decisión disminuye durante el envejecimiento. No obstante, el viejo puede arribar a decisiones correctas y apropiadas si dispone del tiempo suficiente para elaborar su juicio.

La inelasticidad del viejo.—Un aspecto de gran interés, en la fisiología del envejecimiento es la pérdida de lo que podría llamarse la “elasticidad del organismo”. Es sabido que el viejo tiene huesos y tejidos mucho menos elásticos que el joven o que el niño. Si un niño cae de cierta altura es probable que sufra sólo un traumatismo ligero, sus huesos pueden responder elásticamente al golpe y no se fracturan. En cambio si el viejo cae, aun de menor altura, puede convertirse en un montón de huesos fracturados. La caja torácica, pierde así mismo elasticidad, lo cual unido a la disminución de la actividad muscular trae como consecuencia, la disminución de la capacidad vital, del volumen máximo de ventilación, etc. Pero no solamente disminuye la elasticidad de los tejidos duros sino inclusive de tejidos blandos, disminuye por ejemplo la elasticidad pulmonar.

Parte de esta disminución de elasticidad física del viejo, ha sido conocida desde antaño. Las investigaciones de Shock (7) parecen extender el concepto de inelasticidad también al campo bioquímico.

¿En qué consiste esta pérdida de elasticidad bioquímica? La célula vive en lo que Claude Bernard llamó su "medio interior". Se encuentra bañada por un líquido que constituye el llamado compartimiento intersticial, es decir el compartimiento que queda entre la sangre que circula dentro de un sistema vascular cerrado y el de las células, que constituyen el compartimiento celular. El medio interno se mantiene dentro de ciertos valores constantes, por ejemplo de concentración electrolítica, de relación recíproca entre los diferentes electrolitos, de concentración de azúcar, de aminoácidos, de proteínas, un valor relativamente constante de pH, etc. Los tres compartimientos se mantienen en equilibrio inestable, es la homeostasis de Cannon. Pues bien, en el joven se puede alterar arbitrariamente el equilibrio bioquímico ya sea de la sangre, del líquido intersticial o aún de las propias células y en poco tiempo la célula y los líquidos vuelven al equilibrio inicial. Si se administra, por ejemplo, cloruro de amonio, la sangre se vuelve ácida. Un organismo juvenil requiere de 6 a 8 horas para reajustar al pH de su sangre y volver al valor normal. El viejo, de 70 años, en cambio, para igual reajuste bioquímico requiere de 36 a 48 horas.

A un organismo joven se le puede sobrecargar de glucosa o ciertos electrolitos, aminoácidos, etc. y en corto tiempo es capaz de metabolizarlos o eliminarlos volviendo pronto al equilibrio inicial. En el caso de la glucosa si se administra además insulina, el alto nivel de glicemia vuelve rápidamente a cifras normales. En el viejo en cambio, a pesar de la administración de insulina, la glicemia regresa al valor original muy lentamente. La digestión, en el viejo se vuelve más lenta y una sobrecarga alimenticia fácilmente produce la indigestión.

El viejo, en condiciones de completo reposo, mantiene el equilibrio bioquímico normal, una homeostasis parecida

a la del joven; pero la vida es cambio, es transformación constante, es un juego de acción y reacción, de acción de los factores ambientales y la correspondiente reacción de nuestros tejidos y humores. Una de las características más importantes del envejecimiento es esta pérdida de elasticidad bioquímica, esta incapacidad del organismo, mayor mientras más viejo, de reajustar sus tejidos y humores a los factores cambiantes del ambiente, a los agentes "estresantes" que, a cada instante, modifican el medio interno.

Disminución de la eficiencia.—El concepto físico de eficiencia, como la eficiencia mecánica, ha sido extendido a la fisiología. En este sentido la célula es comparable a cualquier máquina que transforma una cierta cantidad de energía en otra forma de energía o en trabajo mecánico. Pero según se demuestra en el segundo principio de la termodinámica, no toda la energía se transforma en trabajo o en otra forma de energía, una parte, fatalmente se "degrada" en calor. La eficiencia es el cociente entre el trabajo obtenido y la cantidad de energía consumida. Puede expresarse en valor absoluto o en por ciento.

Aunque este concepto de eficiencia se ha aplicado particularmente al tejido muscular tiende a extenderse a otros tejidos y órganos. Por ejemplo, la reabsorción, a nivel de los túbulos renales se realiza con consumo de energía, la eficiencia está dada por la relación entre el trabajo de reabsorción y la cantidad de energía consumida, que puede evaluarse en términos de consumo de oxígeno. El riñón, en el joven consume 0,05 ml. de O_2 por gramo por minuto, es decir alrededor de un 11% del consumo total de O_2 por todo el organismo. La reabsorción determina la concentración de la orina. Se calcula que el trabajo de concentración de la orina es de 500 kgmt. por litro.

Experimentalmente se ha encontrado que en el adulto

joven la eficiencia del ventrículo izquierdo es, aproximadamente, del 23%. En el músculo esquelético, gracias al entrenamiento la eficiencia puede elevarse a un 30%.

En el viejo disminuye la eficiencia. No solamente que las funciones se realizan con lentitud sino que para realizar un mismo trabajo se requiere un mayor consumo de energía, es decir un mayor aporte de oxígeno sanguíneo, en una época fisiológica en la cual ha disminuído su capacidad respiratoria y ha disminuído la cantidad de sangre que circula en la unidad de tiempo. Es una especie de círculo vicioso que se va cerrando progresivamente: más viejo es el individuo más O_2 , más energía requiere para realizar un trabajo y menor es cada vez su disponibilidad de reservas.

En reposo, la presión arterial del viejo, normalmente, es sólo algo superior a la del joven. En cambio, después de un ejercicio físico, en el viejo, la presión sube más y requiere mayor tiempo para volver al valor inicial. Esta es una indicación de la pérdida de eficiencia en el organismo viejo. Es pues como la máquina desgastada que requiere más combustible, más aceite y cada vez produce menos trabajo, es la máquina que desperdicia energía en su recalentamiento.

Reemplazo de los tejidos por material de relleno.—En varios tejidos se ha demostrado que un cierto número de células del tejido específico, tejido noble, es reemplazado por lo que podríamos llamar simple "material de relleno". Así por ejemplo, en el tejido muscular un número progresivo de fibras musculares es reemplazado por fibras conjuntivas, las cuales contribuyen a la inelasticidad y a la pérdida de eficiencia de este tejido.

Por consiguiente, en varios tejidos la disminución del número de células específicas es aún mayor que la que podría calcularse por sólo la disminución del peso total del órgano ya que, parcialmente, dichas células han sido reem-

plazadas por las de relleno. La disminución del peso total del organismo entre un 8 a 15% apenas equivale a la pérdida proporcional de agua, lo que significa que un buen número de células nobles son reemplazadas por material de relleno y aunque el organismo in-toto disminuye poco su peso no significaría pues que no hay disminución del número de células. El examen histológico de los tejidos revela la invasión del material de relleno, revela que en algunos tejidos, numerosas células específicas han sido reemplazadas por elementos inespecíficos.

Duración de la vida y factores retardatarios.—La distinta disminución de las diferentes funciones, el diverso grado de alteración individual de cada tejido u órgano, el diverso grado de reemplazo celular determina el que en el envejecimiento cada órgano o cada tejido siga su propio ritmo biológico, es decir tenga su propio e individual tiempo fisiológico. Pero existe un tiempo biológico correspondiente a toda la unidad, es decir al organismo en conjunto ¿a cuál de los diferentes tejidos, órganos o sistemas acomoda el organismo su funcionamiento total? ¿Sigue el ritmo de los que han perdido poca vitalidad o por el contrario de aquellos que se han deteriorado más profundamente? El funcionamiento del cuerpo humano como una sola unidad biológica implica un alto grado de coordinación entre los diferentes órganos y sistemas. Esta coordinación se altera profundamente durante el envejecimiento. El ritmo biológico del organismo se acomoda al factor más retrasado, al cual se le denomina el factor retardatario o estacionario. En consecuencia pues, el organismo, no vive en términos de conducción nerviosa o de metabolismo basal que han disminuído muy poco, vive con el ritmo fisiológico de la captación máxima de oxígeno y del flujo renal y en general con el ritmo de las funciones que se han vuelto más lentas y dificultosas. Podría suponerse que un

viejo de 80 años, ya que es capaz de conducir impulsos por sus fibras nerviosas a una velocidad equivalente al 90% de la conducción en el joven estaría en capacidad de rendir mentalmente en una proporción semejante. No es cierto en modo alguno, el rendimiento total del organismo se acomoda a los factores mínimos.

Es conocido, porque se han hecho numerosas experiencias, que cuando a grupos de animales se les somete a dietas especiales, por ejemplo abundantes en todas las demás vitaminas, excepto una, cuya deficiencia se trata de producir, la duración de la vida de estos animales disminuye considerablemente. No viven en términos de las vitaminas abundantes, viven en términos de la vitamina deficiente, es decir que el metabolismo, el funcionamiento de todo el organismo se ajusta al factor retardatario y por consiguiente la duración de la vida depende directamente de este factor y no de los otros. Algo semejante sucede en los ensayos que se hacen de toxicidad crónica de las drogas. Puede una determinada droga afectar un solo tejido o sistema y pese a que los animales, por lo demás, pueden ser considerados muy saludables, mueren mucho más pronto que los animales testigos, ya que la duración de su existencia ha sido determinada no por los tejidos que continuaron normales sino por aquel que se alteró.

El concepto de adaptación del tiempo biológico al factor retardatario no es algo peculiar de sólo el período de envejecimiento, es extensible a cualquier período de la vida en el cual por razones patológicas cualquier órgano o tejido puede convertirse en factor estacionario. Si por una infección, un traumatismo o cualquiera causa se altera profundamente un tejido u órgano, por más que el resto de órganos pueda considerarse como saludables, el tiempo biológico de este individuo, considerado en conjunto, como una sola unidad bio-

lógica, no corresponderá a los tejidos saludables sino al tejido alterado.

En resumen, el viejo, constituye una entidad biológica sui-géneris, muy distinta de la del niño o del adulto. Entre sus características más salientes está la de la muy reducida circulación renal juntamente con una muy lenta filtración y excreción renales; escaso poder de captación de oxígeno y un sistema cardiovascular adaptado principalmente a irrigar los centros cerebrales. El organismo que envejece es un organismo que cada vez se vuelve más inelástico y que demora considerablemente en volver al equilibrio homeostático cuando éste se ha alterado por cualquiera causa o mecanismo. No se puede pues forzar, impunemente al organismo viejo ni al trabajo físico ni a los cambios bioquímicos. El ritmo biológico se adapta a los factores retardatarios, o sea a la función más disminuída, más alterada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.—CANTILLO, E.: La hipófisis y el tiempo individual, citado por: E. de Arteaga en: La teoría de la relatividad, la experiencia y el sentido común. Edit. El Ateneo, Buenos Aires, 1938.
- 2.—DU NOUY, L.: citado por Carrel, A. en: El hombre un desconocido, Edit. Zig-Zag, Santiago, 1939.
- 3.—NARANJO, P.: El tiempo como un continuo bidimensional. Especulaciones sobre la naturaleza del tiempo. An. Univ. Central, 75: 281-311, 1947.
- 4.—NARANJO, P.: Algunas investigaciones sanguíneas. Rev. Asoc. Esc. Med. N° 2: 74, 1945.
- 5.—CARREL, A.: El hombre un desconocido. Edit. Zig-Zag, Santiago, 1939.
- 6.—EINSTEIN, A. e INFELD, H.: La física, aventura del pensamiento. Edit. Losada, Buenos Aires, 1939.
- 7.—SHOCK, N. W.: The pysiology of aging. Scient. Am. 206: 100, 1962.