

El Problema del Envejecimiento Humano

Lázaro F.R. CAFFERATA

*Cátedra de Química Orgánica I, Facultad de Ciencias Exactas,
Universidad Nacional de La Plata,
Calle 47 esq. 115, (1900) La Plata, Argentina*

Resumen. Se ha efectuado una revisión de los conocimientos actuales sobre procesos de envejecimiento que se manifiestan en los seres humanos con el correr de los años, teniendo en cuenta investigaciones recientes sobre el tema y sus implicancias desde el punto de vista socio-económico. Asimismo se mencionan las dos teorías más importantes postuladas hasta el presente sobre el tema, resultantes de encarar el estudio del problema de una manera sistemática, destacándose los aspectos correspondiente a procesos de peroxidación y reacciones de tipo radicalario que tienen lugar en los medios biológicos.

SUMMARY. "The Problem of Human Aging". A review of the present status of the knowledge on aging processes in human beings has been performed, considering modern research work and its relation to social-economic aspects. The two most important theories postulated on the subject related to systematic studies are mentioned, stressing the participation of peroxidative and free radicals reactions that take place in the biological environments.

INTRODUCCION

Es un sentimiento natural el no desear morir joven ni tampoco llegar a viejo con todos los inconvenientes de la edad avanzada. La declinación funcional que naturalmente se produce en los seres humanos y que acompaña típicamente al envejecimiento es a menudo deprimente y muchas veces dramática. Afortunadamente, las perspectivas de longevidad han aumentado en todos los países del mundo. Quien nació en los años 50 contaba con una expectativa de vida de 47 años; a fines de la década del 70 esta cifra ascendió a los 57 años y los niños de comienzos de siglo XIX vivirán en promedio alrededor de 70 años. En otras palabras, la participación de niños y jóvenes con edades hasta 14 años en la población mundial descenderá desde un 35% a principios de los años 80 hasta un 2% en el año 2025.

Key words: Aging; Free radicals; Human beings; Peroxidation.

Palabras clave: Envejecimiento; Radicales libres; Seres humanos; Peroxidación

Los distintos problemas que acompañan a la vejez han sido objeto de preocupación en todas las épocas. La consideración y estima que gozaba el anciano en algunas civilizaciones y su rechazo en otras son hechos bien conocidos, donde sentimientos religiosos y motivos económicos influyeron en uno y otro sentido.

Sin embargo, la triste realidad que se constata a menudo en los países más civilizados de la actualidad es la de un cierto abandono de los ancianos, coincidiendo con la sobrevaloración de la juventud ¹.

Limitándonos a la civilización occidental, el hombre ha venido interesándose más por las consecuencias del fenómeno del envejecimiento que por sus verdaderas causas. La falta natural de adaptación de los viejos al vertiginoso cambio producido por los avances científicos y tecnológicos de nuestro tiempo, ha hecho que su participación en la toma de decisiones rápidas que exige la vida sea un tanto reducida: lo que ocurre es que hoy se necesita actuar casi instantáneamente ante las cambiantes situaciones que se presentan cotidianamente, y los ancianos, en general, no pueden responder a estas acuciantes expectativas.

Hubo que esperar la llegada del siglo XIX para que, con la información correspondiente a algunos datos bioquímicos disponibles, se produjeran intentos de abordar con atisbos de método científico los complejos fenómenos que se producen en la célula, relacionándolos con las consecuencias del envejecimiento. Hayflick ² ya señala el cambio de actitud, que se aprecia actualmente cada vez más, al destacar el carácter multidisciplinario del problema del envejecimiento, el cual requiere para su análisis la participación de bioquímicos, físicos, biólogos celulares e inmunólogos trabajando en el campo de la Gerontología.

Un primer problema que se plantea es el de si la duración de la vida es o no un suceso al azar. Aun cuando estas dos posibilidades han sido propuestas por distintos autores, los datos correspondientes a pueblos civilizados con un alto nivel sanitario indican que el proceso aludido no puede ser atribuido al azar. Es más, ya desde 1825 se ha podido constatar que a partir de los 30 años la probabilidad de morir se duplica cada 7 u 8 años, lo que en principio puede atribuirse a la incidencia de factores que afectarían desigualmente a los organismos a lo largo de sus vidas. Al respecto, es evidente que la incidencia de enfermedades tales como la diabetes, el cáncer y las afecciones circulatorias aumenten con la edad.

Una forma de atacar el problema del envejecimiento y, en particular, de la senectud (el envejecimiento en su relación con la muerte física) sería destinar mayores recursos para el cuidado de "los más añosos", como se ha dado en llamar a las personas de edad avanzada; otra manera es tratar de descubrir las causas fundamentales del envejecimiento para lograr una población anciana con mejor estado sanitario. Sin embargo, aunque en la actualidad las ventajas de extender el período de las vidas de las personas son objeto de discusión, no existe desacuerdo en que la población debería llegar a la vejez sin los inconvenientes económicos, físicos y psíquicos que son tan frecuentes como dolorosos en nuestra sociedad.

En cualquier caso, el problema del envejecimiento justifica la inversión de fondos en investigaciones básicas que necesariamente deben tener un carácter multidisciplinario. Recién en los últimos años estos estudios han sido emprendidos en forma sistemática, aplicando con rigor el método científico. Debe decirse que lo que se ha venido efectuando hasta ahora en ese sentido es invertir recursos en el estudio de al-

gunas enfermedades, como las afecciones circulatorias y al cáncer. Por ejemplo, en los EE.UU. se invirtieron en 1973 dos dólares por persona en investigaciones sobre cáncer, uno en enfermedades cardiovasculares y solamente tres centavos de dólar en estudios relacionados directamente con el envejecimiento. En el año 1957 se acordó el primer subsidio del National Health Institute (NHI) para investigaciones sobre ese tema. Al respecto, surge la pregunta: ¿esta inyección de recursos producirá en definitiva el descubrimiento de los procesos básicos del envejecimiento como se pretende?. Si bien los científicos son por naturaleza optimistas en ese sentido, se puede anticipar que es muy prematuro todavía dar una respuesta responsable en vista de la cada vez más evidente complejidad del problema. Recién ahora se empiezan a postular las primeras teorías, tratando de colocar algunas piezas básicas en un tablero cuyos límites todavía no se conocen con exactitud ^{1,3,4}.

CAMBIOS MAS IMPORTANTES QUE SE PRODUCEN EN LOS ORGANOS Y TEJIDOS DEL SER HUMANO CON EL AUMENTO DE SU EDAD

A medida que pasan los años, inicialmente en forma discreta y después con mayor rapidez, se producen en el organismo humano una serie de cambios. Para algunos autores estos cambios comienzan muy precozmente. Se ha dicho con cierto humor que el envejecimiento empieza en el momento de nacer e incluso a partir de la concepción. Es difícil determinar cuándo se inicia el envejecimiento como tal, teniendo en cuenta que no se sabe con certeza si los fenómenos causantes del mismo influyen, por ejemplo, también en la multiplicación celular. Sus características más notorias, aunque no sus causas, son principalmente las siguientes:

a) Después de los 35 años los seres humanos, en general, aumentan su peso corporal alrededor de medio kilogramo por año, disminuyendo en las mujeres el grado de osificación en un 1% en el mismo período. Asimismo disminuye la masa muscular.

b) Se producen alteraciones en la piel con aparición de arrugas y la formación de placas con pigmentos de lipofuscinas.

c) Caída y/o encanecimiento del cabello.

d) Disminución de la capacidad auditiva, visual, etc.

e) Diferencias en el funcionamiento del aparato digestivo, con caída de piezas dentarias y disminución de la secreción de enzimas.

f) También son frecuentes alteraciones en el aparato cardiovascular, con descenso del ritmo cardíaco y aumento de la presión sanguínea debido al depósito de calcio y de lípidos en las paredes de los vasos sanguíneos.

g) Reducción de la denominada capacidad vital (volumen máximo de aire que puede expulsarse luego de una inspiración forzada), con el resultado de un empobrecimiento del aporte de oxígeno a las células de los tejidos, una de las declinaciones más generalizadas en el organismo humano.

h) Disminución de la capacidad de funcionamiento de algunos órganos como el riñón, los pulmones y músculos estriados.

i) Menor eficiencia del sistema inmunológico del organismo, hecho que torna más frágil la salud de los ancianos.

j) Cambios en el metabolismo de los sistemas endocrino y nervioso con declinación de la actividad sexual y capacidad reproductora de los individuos.

TEORIAS RELACIONADAS CON EL ENVEJECIMIENTO

Las teorías modernas sobre el envejecimiento consideran fundamentalmente las reacciones bioquímicas que serían responsables de los cambios que se observan macroscópicamente. No obstante, se debe destacar que el deterioro con la edad afecta a todas las especies conocidas, mientras que el mismo es cuantitativamente distinto en unas especies que en otras, e incluso pueden serlo también en el orden cualitativo. Por ello la comparación y, aun más, la extrapolación de los resultados a distintas especies debe hacerse cuando existan evidencias bien significativas. En segundo lugar, el envejecimiento tiene lugar con más intensidad en unos órganos que en otros de un mismo individuo.

Se han ordenado en dos grupos el conjunto de evidencias que conforman las principales teorías actuales sobre el envejecimiento ^{1,3}:

Teoría determinista o del envejecimiento programado

En ella el genoma nuclear, actuando como un reloj celular, sería el responsable de programar los cambios que se irán presentando en el individuo a lo largo de su vida. La senescencia es la última parte de su desarrollo, pudiendo resultar la muerte por acción de ciertos genes que controlarían el proceso de envejecimiento y que han sido denominados "genes de la muerte". Sin embargo, se acepta que esta programación genética también podría ser consecuencia de la actividad o falta de actividad de ciertas sustancias. Al respecto, una cuestión compleja es la referente a la respuesta de los organismos a la actividad hormonal. Así, las alteraciones en la concentración de hormonas sexuales podrían influir sobre el genoma reprimiendo algunos de los genes que rigen la diferenciación y el crecimiento, acompañado de un descenso funcional que se aprecia más fuertemente entre los 70 y 80 años. También es importante en este sentido la influencia de factores físicos externos que actúan sobre los procesos que tienen lugar en última instancia en las membranas celulares de los tejidos. Por ello el estudio de la fisicoquímica de las membranas es importante en el tema del envejecimiento, ya que las mismas controlan el transporte de distintos iones y moléculas que entran y salen de las células ^{5,6}. Vinculado posiblemente de alguna manera con estos fenómenos, se ha constatado que la relación colesterol/fosfolípidos del suero humano tiende a incrementarse con la edad.

Un área de investigación importante relacionada con la teoría determinista del envejecimiento es la neurobiología, que comprende la bioquímica de los sistemas nervioso y endócrino.

Estudios clínicos realizados en personas ancianas con el mal de Parkinson o la enfermedad de Alzheimer corresponden a este ámbito. Sin embargo, la mayoría de los pacientes que padecen la primer enfermedad mantienen hasta su ocaso una lucidez intelectual aceptable, lo que hace pensar que el secreto del envejecimiento no se encontraría en el estudio de la neuroquímica y de la transmisión del impulso nervioso, ya que durante dicho proceso quedaría invariante la capacidad de sintetizar hormonas y neurotransmisores importantes. No obstante, se ha verificado que si se modifica la secreción de ciertas hormonas, aún en pequeñísimas cantidades, se producen cambios en el metabolismo general debido a un efecto que ha sido denominado "en cascada".

Por lo tanto, en esta teoría determinista del envejecimiento no debe dejar de mencionarse la hipótesis de "la catástrofe por errores sucesivos", propuesta inicialmente en 1963. En resumen ésta supone que con la edad se cometen errores en la síntesis de las proteínas que redundarán en la formación de moléculas defectuosas para su destino específico. Si estas proteínas intervienen a su vez en la síntesis de otras proteínas tales como enzimas, se producirán mayores errores en la próxima generación de proteínas, y así sucesivamente hasta llegar a una verdadera catástrofe somática y por lo tanto metabólica. El progreso en los métodos de estudio de las moléculas proteicas, en especial de su estructura primaria, demostró que en realidad no se cometen errores en la biosíntesis de la proteínas. Lo que ocurre es que se alteran posteriormente en su conformación o estructuras secundarias y terciarias. Esta "catástrofe de errores", admitida desde hace algunos años casi sin críticas, debe someterse a revisión, siendo razonable no rechazarla por completo. No obstante, hoy se piensa que la misma es insuficiente para explicar el complejo proceso del envejecimiento, a pesar del carácter de autopropagación de errores que podría darse en las moléculas de las enzimas. Por otro lado, la constancia de la transmisión de los caracteres genéticos, y la coincidencia en las propiedades cinéticas de las enzimas estudiadas en animales de distintas edades, son argumentos en contra de dicha hipótesis. Se ha podido constatar también que la calidad de algunas enzimas, al menos en ratas, no está necesariamente relacionada con la edad de los individuos. Por otra parte, la hipótesis de "catástrofe por errores" al menos sirvió para estimular investigaciones básicas en el campo de las proteínas y también de la enzimología.

Teoría estocástica o de acción al azar de distintos factores sobre el envejecimiento

Esta teoría propone que la duración de la vida está determinada por la intervención de diversos factores, ya sea de origen endógeno o exógeno, que actúan sobre los organismos de una manera variable. Entre estos agentes se pueden mencionar todo tipo de sustancias agresivas o tóxicas para el metabolismo celular (xenobióticos) y agentes físicos externos como algunas radiaciones electromagnéticas (ultravioleta y de menor longitud de onda)⁷, estados de estrés o desequilibrio bioquímico generados en los organismos o patologías definidas que involucran la participación de especies reactivas (acción de radicales libres muy reactivos y vida efímera en los líquidos biológicos)⁸.

Los radicales libres se forman por rupturas homolíticas de uniones químicas de moléculas orgánicas o inorgánicas o, más precisamente como ocurre en los sistemas biológicos, por transferencia electrónica entre moléculas neutras y iones. Se ha comprobado que los mismos son responsables de algunos fenómenos de envejecimiento. Recientemente la Sociedad Argentina de Gerontología y Geriatria otorgó su premio bienal 1989-1990 por acuerdo unánime del jurado a los Doctores Héctor E. Mosso, Alberto Boveris, Osvaldo Vacarrezza y Cecilia Giulivi por su trabajo titulado: "Los radicales libres en el proceso de envejecimiento y en la aterosclerosis humana. Acción del extracto de *Gingko biloba* como antioxidante en el hígado de la rata".

Algunos componentes importantes de las células, como sus membranas, inclusiones proteicas y el mismo DNA, son modificados en sus estructuras por las espe-

cies radicalarias ⁹. Un hecho que apoya claramente la participación de determinados radicales libres orgánicos en algunos procesos metabólicos es la comprobación de que la concentración de hidrocarburos gaseosos en el aire espirado por ratas aumenta con su edad, lo que hace pensar en la ocurrencia de reacciones típicas de dimerización o dismutación de estas especies químicas en el metabolismo celular. Por otra parte, se sabe también que la capacidad de eliminación de radicales libres se encuentra disminuida en los animales a medida que estos aumentan su edad.

Sin embargo, se ha demostrado también que el radical anión superóxido, un radical libre cargado negativamente, se genera en numerosos procesos clasificados como normales del metabolismo, con la intervención de ciertas enzimas, lo que indica que no todos los radicales libres están asociados a procesos patológicos o relacionados con el envejecimiento.

Conviene destacar que, de acuerdo con esta teoría, en los procesos biológicos del envejecimiento intervienen principalmente especies radicalarias oxigenadas ¹⁰ como también sustancias o agentes físicos que las originan a partir de componentes normales de las células o incorporados a los organismos. Al respecto, si bien es interesante conocer cualitativamente los procesos en los cuales se originan o participan los radicales libres, más importante es aún determinar la cinética de sus reacciones en las condiciones biológicas, ya que ello va a permitir establecer en realidad su papel decisivo en los procesos íntimos del envejecimiento celular. Precisamente esta es la tendencia actual de las investigaciones básicas sobre los procesos de envejecimiento ⁵.

Además de radicales libres oxigenados existe una gran variedad de otro tipo de especies químicas que también intervienen efectivamente en los procesos de envejecimiento considerados por esta teoría, como por ejemplo moléculas de oxígeno singulete, de ozono, de dióxido de nitrógeno y de peróxido de hidrógeno, catalogadas como moléculas con oxígeno parcialmente reducido. Sin embargo, esta definición no es del todo satisfactoria, pues algunas tienen átomos de oxígeno en estado normal de oxidación, como es el caso del ozono. La propiedad común de estas sustancias es que intervienen en reacciones radicalarias que transcurren en la intimidad de los sistemas biológicos. Por ejemplo, el oxígeno singulete conduce a moléculas de hidroperóxidos que son muy reactivas. Por otra parte, la molécula neutra del dióxido de nitrógeno, presente en las atmósferas contaminadas y en el humo de cigarrillo, se comporta como un verdadero radical libre pues tiene un electrón impar; otras especies, como algunos radicales centrados en carbono se forman, por ejemplo, en la extracción de hidrógeno en las moléculas de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) o por reacciones de adición de especies radicalarias a los mismos. En otros procesos biológicos, algunos xenobióticos como los hidrocarburos policíclicos condensados (PAH), se oxidan por medio de reacciones con electrones, originando cationes radicales aromáticos.

Las moléculas de ciertas sustancias como el tetracloruro de carbono aceptan un electrón, produciéndose la rotura de una unión carbono-cloro originando radicales triclorometilo. Estos se adicionan a los PUFA, dañando en definitiva los hepatocitos del hígado ¹¹. Otro proceso análogo es el que se produce a nivel pulmonar al inhalar el aire contaminado con "smog" fotoquímico, que contiene entre sus componen-

tes dióxido de nitrógeno y ozono, compuestos que por vía sanguínea se incorporan a las células.

Si bien se reconoce que los radicales orgánicos de pequeña complejidad tienen una vida muy corta, existe en realidad una gran variación en sus reactividades efectivas en los medios biológicos. Algunas de estas especies son suficientemente estables como para difundir un cierto camino en la célula; otras como el radical oxhidrilo son tan reactivas que desaparecen en distancias comprendidas entre 1 a 5 diámetros moleculares.

Es decir que los radicales libres se forman en las células o en los medios biológicos de los organismos ya sea por procesos bioquímicos normales, como el que ocurre entre moléculas de oxígeno y electrones para originar el anión superóxido, o por la acción de agentes físicos externos como las mencionadas especies exógenas incorporadas (ozono, dióxido de nitrógeno, etanol, productos sintetizados por el hombre, como el tetracloruro de carbono o en general xenobióticos, como el benzo[α]pireno). Es razonable entonces que el anión superóxido se lo encuentre en células con metabolismo aeróbico, o bien en procesos donde intervienen algunas sustancias con estructuras quinónicas. La disponibilidad en los tejidos de la enzima superoxidodismutasa (SOD) descubierta por Mc Cord y Fridovich en 1969, cataliza la reacción de descomposición del anión superóxido, cuya protonación conduce a la formación de agua oxigenada. Cabe destacar al respecto que los cirujanos han observado que los tejidos vivos se conservan mejor en ausencia de sangre oxigenada o bien administrando SOD en la sangre perfundida, o especies protectoras que consuman el anión superóxido. En definitiva, las reacciones redox son muy comunes en los sistemas biológicos, transcurriendo también en el metabolismo de algunos anticancerígenos y antiparasitarios.

En la Tabla 1 se presenta un listado de radicales libres y otras especies reactivas con sus vidas medias en medios biológicos ¹⁰.

Especie química	Sustrato	Concentración (moles/l)	Vida Media (segundos)
HO•	linoleato	1	10 ⁻⁹
RO•	linoleato	10 ⁻¹	10 ⁻⁶
ROO•	linoleato	10 ⁻³	7
radical linolenilo	oxígeno	2.10 ⁻⁵	10 ⁻⁸
¹ O ₂	agua	solvente	10 ⁻⁶

Tabla 1. Vidas medias estimadas de especies reactivas que participan en procesos de envejecimiento

Es de destacar que si bien al agua se la encuentra en elevada concentración en los medios biológicos, los radicales libres centrados en carbono no reaccionan con ella con velocidades significativas. En cambio, si el tejido que la contiene es sometido a agentes externos como las radiaciones ionizantes, se producen los muy reactivos

radicales oxhidrilos como consecuencia de la descomposición de la molécula de ese solvente. Se sabe también que radicales de tipo peroxilo son mucho más selectivos en sus reacciones que los oxhidrilos, teniendo en condiciones semejantes una vida media mayor. Sin embargo, estos radicales pueden reaccionar con mayor velocidad que los oxhidrilos cuando se encuentran con moléculas activadas por algún proceso de excitación electrónica que ocurre en las células con intervención de agentes externos.

Los valores de vida media de las reacciones radicalarias indicadas, sin dejar de relativizar la complejidad fisicoquímica de los medios biológicos en que se llevan a cabo⁵, permiten tener una idea de las reactividades relativas de esas especies químicas. Estos datos sugieren que algunos radicales libres podrían llegar a difundir una cierta distancia sin reaccionar inmediatamente en el medio. En otros casos, por ejemplo con las moléculas de peróxido de hidrógeno, no se pueden efectuar este tipo de cálculos, ya que se sabe que la misma se descompone por procesos enzimáticos todavía más complejos desde el punto de vista mecanístico.

Hasta la fecha parece ser que ninguna de las dos teorías enunciadas anteriormente sobre el envejecimiento, consideradas en forma aislada, son satisfactorias para explicarlo; lo que conviene es considerarlas más bien como "hipótesis de trabajo"¹.

PATOLOGIAS RELACIONADAS CON EL ENVEJECIMIENTO EN LAS CUALES INTERVIENEN REACCIONES RADICALARIAS

Son numerosas las enfermedades relacionadas con proceso de envejecimiento en cuyos mecanismos intervienen reacciones de tipo radicalario (Tabla 2).

Enfermedad	Grado relativo de evidencias en su favor
Enfisema pulmonar	+++
Cáncer	+++
Artritis	++
Cataratas	++
Ateroesclerosis	+
Cirrosis hepática	+

Tabla 2. Patologías relacionadas con reacciones de tipo radicalario¹⁰

Por otra parte, conviene destacar que no se pueden hacer extrapolaciones muy aventuradas con esas patologías en su responsabilidad en los procesos de envejecimiento, ya que los atrapadores de radicales libres también presentes en los medios biológicos, entre los que se cuentan los antioxidantes naturales, modifican el comportamiento de esas especies reactivas¹². Asimismo debe notarse que las células disponen de una variedad de dispositivos para defenderse de la agresión de las sustancias químicas causantes de procesos patológicos y por lo tanto de envejecimiento, sus me-

tabolitos reactivos, agentes físicos externos y las consecuencias que éstos pueden traer.

Los procesos de defensa de la acción de los radicales libres son llevados a cabo fundamentalmente por los antioxidantes naturales, como por ejemplo la vitamina E (tocoferoles), compuestos con funciones tiol, la vitamina C y enzimas como la glutatión peroxidasa que contiene selenio en su molécula (de ahí la importancia de ese elemento en una dieta equilibrada tendiente a disminuir los efectos del envejecimiento).

De acuerdo con lo mencionado en el párrafo anterior se podría concluir que la peroxidación biológica, característica en algunas enfermedades y por lo tanto del envejecimiento, podría retardarse mediante la ingesta masiva de antioxidantes, lo que en general no ha dado buenos resultados. Los atrapadores naturales de radicales libres intervendrían retardando los procesos del envejecimiento y algunos de ellos se están utilizando actualmente en el tratamiento de enfermedades como el infarto de miocardio, afección que estaría relacionada con fenómenos de peroxidación.

Las radiaciones ionizantes que actúan indirectamente sobre el envejecimiento son causantes de algunas enfermedades de tipo profesional o crónico mediante procesos radicalarios que ocurren en los medios acuosos de las células de los organismos.

El aldehído malónico, uno de los productos de peroxidación biológica de ácidos carboxílicos no-saturados (PUFA), se puede combinar con otras moléculas que presentan potencialmente funciones amino en sus moléculas como los aminoácidos, formando bases de Schiff que a su vez se reordenan produciendo sustancias con características espectroscópicas similares a los extractos de "manchas o placas de envejecimiento". Sin embargo, no se ha encontrado relación entre la concentración de ese aldehído en la sangre y la edad o estado de salud de los individuos estudiados.

Conviene destacar aquí que el aldehído malónico reacciona efectivamente con sustancias nucleofílicas como las bases de los ácidos nucleicos y las proteínas presentes en las células, dado que se encuentra al estado de su sal sódica en virtud del pH fisiológico de los medios biológicos¹³.

Las placas de envejecimiento que contienen algunos metales como cinc y calcio y restos de glúcidos y proteínas, están relacionadas con mecanismos donde participan liposomas y algunas enzimas. Deficiencias de ácido ascórbico contribuirían a su formación, mientras que compuestos como el dimetilaminoetanol disminuyen su aparición o, en algunos casos la evitan. Otro dato interesante es que en el miocardio humano la concentración de dichos pigmentos aumenta a razón del 1% del volumen celular por década de vida del individuo.

CONCLUSIONES

En resumen, la vejez no es una enfermedad en sí misma, a pesar de lo que mucha gente piensa. Es evidente en cambio que los desórdenes asociados con la edad son provocados por enfermedades de distinto tipo que sufren los organismos a lo largo de sus existencias. Sin embargo, existen mecanismos internos de compensación que retardan el deterioro producido por el envejecimiento. También es importante prevenir las enfermedades y mantener el estado de salud integral del individuo para posibilitar la reparación durante la vida y en definitiva retardar los procesos de envejecimiento.

Además, debe destacarse que aunque es muy útil y atractivo trabajar con células vivas o con reacciones químicas entre los constituyentes o intermediarios bioquímicos, el estudio cinético en condiciones fisiológicas de las reacciones que intervenirían en los procesos de envejecimiento, junto al análisis de factores hormonales y neuroquímicos, contribuiría a descifrar el sutil mecanismo que tiene lugar en la intimidad de los organismos vivos.

A pesar del notable aumento producido en la duración de la vida de las personas, todavía no se sabe con certeza por qué se envejece. Lo que sí puede decirse es que los procesos del envejecimiento son complejos y de naturaleza multidisciplinaria, interviniendo en los mismos muchos factores cuyo mecanismo de acción es actualmente de gran interés mundial.

Señalar que el envejecimiento es el precio que ha tenido que pagar un elevado número de células en su evolución, excluyéndose a las cancerosas con su indiferenciación, es quizás una atractiva justificación de la finitud de la vida, pero que no hace sino plantear nuevos problemas bioquímicos, e incluso de trascendencia social.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cabezas Fernández del Campo, J.A. y M.J. Cabezas Delamare (1986) *An. Real Acad. Farm.*, **52**: 387-400
2. Hayflick, L., (1980) *Proc. Soc. Exp. Biol. & Med.*, **165**: 206-14
3. Roy, A.K. y B. Chatterjee (1985) "Molecular Aspects of Aging" en "*Molecular Aspects of Medicine*" (H. Baum, J. Gergely y B. L. Fanfurg, eds.) Vol. 8, págs 1-88, Pergamon Press Ltd., Londres
4. Rothstein, M. (1986) *Chem. & Eng. News*, Special Report **8**: 26-39
5. Barclay, K.C. K.A. Baskin, S.J. Locke y M.R. Vinqvist (1989) *Can. J. Chem.* **67**: 1366-9
6. Anderson, R. M. Daya, y J. Reeve (1987) *Biochim. Biophys. Acta* **905**: 227-30
7. Ward, J.F. (1981) *J. Chem. Educ.* **58**: 135-9
8. Redpath, J.L. (1981) *J. Chem. Educ.* **58**: 131-5
9. Jackson, J.H. (1987) *J. Clin. Inv.* **80**: 1090-5
10. Pryor, W.A. (1986) *Ann. Rev. Physiol.* **48**: 657-67.
11. Castro, G.D. y J.A. Castro (1990) *Acta Bioq. Clín. Latinoamer.* **24**: 127-46.
12. Simic, M.G. (1981) *J. Chem. Educ.* **58**: 125-31
13. Bertz, S.H. y G. Dabbagh (1990) *J. Org. Chem.* **55**: 5162-5