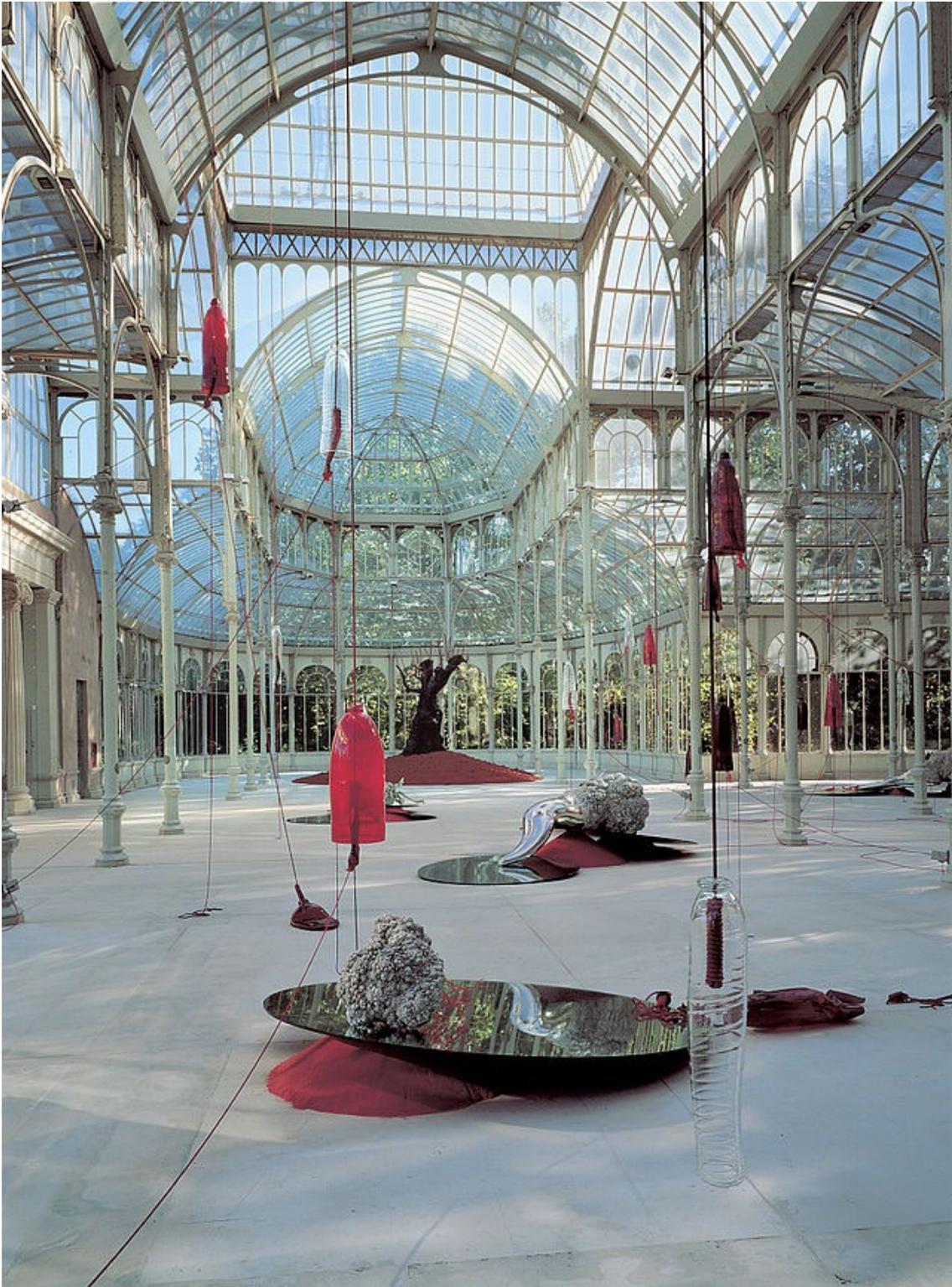


Introducción

Alba Güerci

Figura 1. Mutaciones.



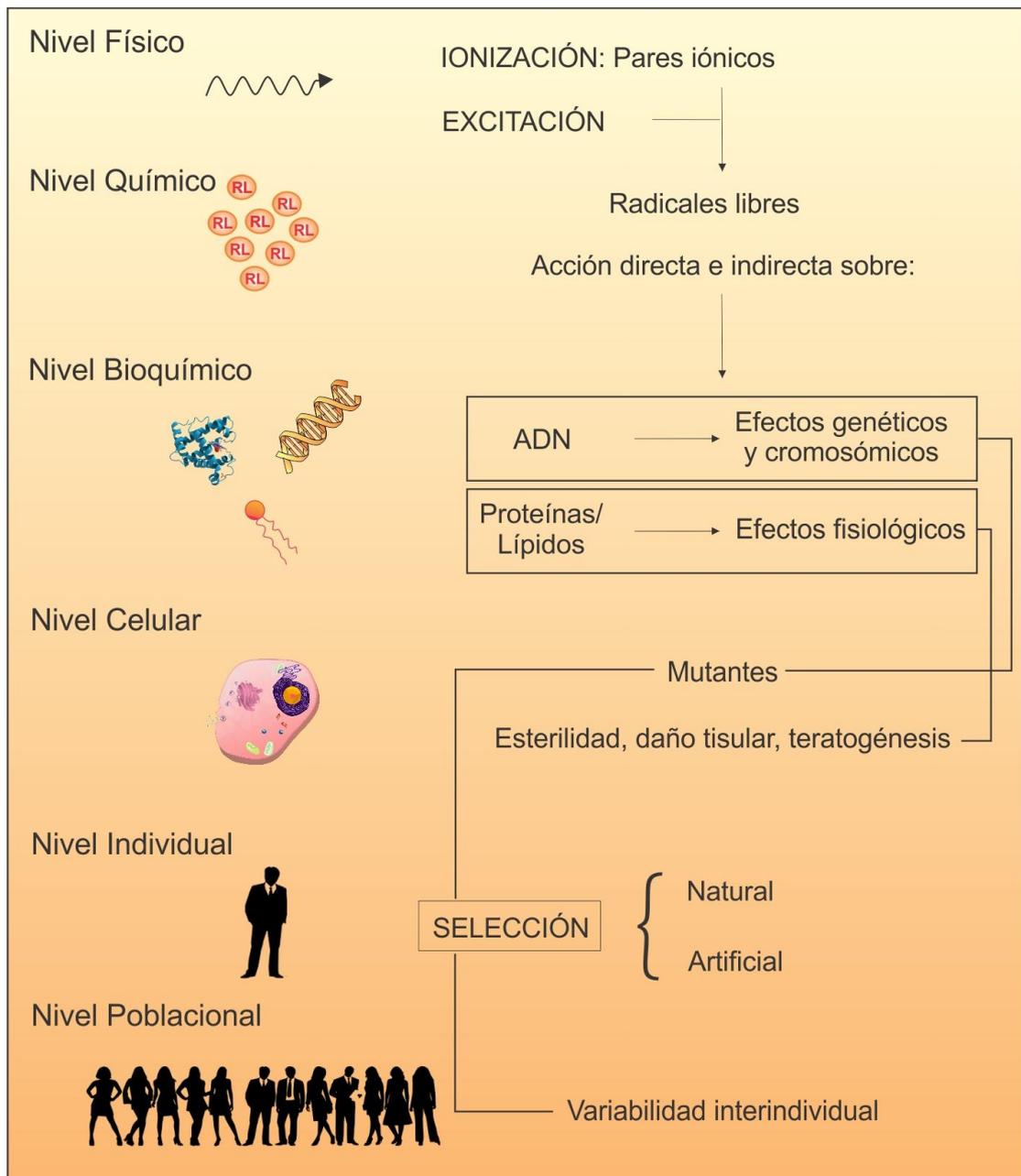
Nota. Exposición Mutaciones, Palacio de Cristal, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid 2004. Javier Pérez, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

De manera clara los *Principios de la Radiobiología*, comprenden a los de la Biología moderna, e incluyen no solo a la Evolución, sino también otros tres principios básicos bien establecidos, que no necesitan ser referidos; no obstante, es necesario tenerlos presente, dado que surgen de manera tácita y central en la universalidad de los fenómenos biológicos. El primero de ellos alude a que todos los organismos están formados por células. Este concepto es clave, en tanto enfatiza la uniformidad de los sistemas vivientes. El segundo principio indica que todos los organismos responden a las leyes de la Física y de la Química y constituye el eje medular de la biología contemporánea. Y de este estamento surge el último principio, que hace referencia a que todos los organismos requieren energía y consolida con originalidad las leyes de la termodinámica. Se entiende así, que más allá que todos los seres vivos están formados por los mismos átomos y moléculas que el mundo inanimado, son mucho más que eso; ostentan un orden y organización particular, que se extiende en niveles de complejidad creciente. Del mismo modo que las propiedades de una molécula obedecen a la clase y disposición de sus átomos, las características de una célula dependen del tipo y organización de sus moléculas y las propiedades de una asociación multicelular de la interacción de sus diferentes células. De esta manera, concebimos que la presentación de la Radiobiología como sector particular de la realidad, deba referir inevitablemente a los distintos niveles de acción de la radiación ionizante (RI), en relación con la escala de organización biológica. Si bien la célula representa la unidad vital, desde el punto de vista físico-químico es una entidad múltiple compuesta por 10^9 - 10^{10} moléculas en movimiento activo. La absorción de energía por ella, es el primer paso de una serie de acontecimientos que provocan cambios morfológicos y funcionales. Comienza siendo un proceso físico, con ionizaciones y excitaciones atómicas, desplegando luego aspectos químicos, bioquímicos, citológicos, histológicos y orgánicos, donde en cada nivel, la energía absorbida se traduce en distintas manifestaciones dentro del sistema biológico.

De acuerdo con lo expuesto, la interacción inicial de las RI con la materia viva a nivel de los electrones, sucede en el orden de nano a attosegundos (Etapa Física). Estos cambios atómicos dan soporte a modificaciones moleculares, en segundos a horas posteriores (Etapa Química). Estas alteraciones moleculares pueden devenir en cambios celulares que persisten horas, décadas y hasta generaciones (Etapa Biológica). Es decir, las transformaciones iniciadas por pares iónicos, pueden afectar puntos sensibles que las hagan aumentar en importancia,

según su función biológica. Si estos blancos son los genes, la trascendencia derivará en efectos hereditarios y/o carcinogénicos, en tanto que si la afección compromete a enzimas o proteínas, pueden ocurrir trastornos fisiológicos. El conjunto de estos efectos constituye la acción de la RI a nivel celular y dado que los individuos están constituidos por células interconectadas, la yuxtaposición e interacción de los efectos celulares dará lugar a la acción de la radiación a nivel del individuo. Finalmente, sobre la variabilidad genética de los organismos, actuarán las fuerzas de selección (natural o artificial), dando la respuesta que determina la acción de la RI a nivel poblacional (Figura 2).

Figura 2. Niveles de Acción de la Radiación Ionizante.



La Física de la vida

Para quienes observamos la naturaleza, desde su origen la vida no ha dejado de ser asombrosa. Antes de su existencia en nuestro planeta, la energía libre procedente del sol se disipaba como calor e irradiaba al espacio. A la sazón, mediante una serie articulada de hechos fortuitos, fueron surgiendo los sistemas vivos desde niveles simples de organización hacia una progresión constante de complejidad, atrapando y canalizando esa energía libre para conservar y aumentar su orden (Segunda Ley de la Termodinámica). El proceso evolutivo modeló, aún en volúmenes ínfimos, un grado de organización sublime expresado magníficamente en toda la dimensión de la vida.

Los apasionados de la *Biología*, sabemos bien que los organismos se distinguen de manera categórica de cualquier otra porción de materia que pueda ser abordada en nuestro mundo cotidiano. Por ejemplo, el cristal periódico en el que se organiza nuestro ADN, lejos de ser una tediosa repetición de monómeros, constituye un diseño elaborado y lleno de sentido. Las biomoléculas excepcionalmente grandes de un organismo y los procesos que experimentan, deben su precisión a la *cooperación* de un número elevado de átomos. De esta manera, un gen que involucra algunos miles de átomos, desarrolla una actividad regular y ordenada con una durabilidad que raya el milagro. Así, la permanencia de las características a través de las generaciones, resiste durante largos períodos de tiempo a la influencia perturbadora del movimiento térmico individual de cada uno de sus átomos.

Los conceptos entrelazados de la Teoría Cuántica y la Teoría de la Mutación, proponen que los umbrales de energía que separan una configuración atómica existente de otra posible (mutación) son altos e implican un salto cuántico. Esto hace que estos cambios sean poco frecuentes y compatibles con la evolución; si fueran habituales los individuos adaptados perecerían. La estabilidad que resulta de la alta permanencia de los genes es esencial para la continuidad de la vida. No obstante, en términos radiobiológicos, el nivel de mutaciones inducidas será proporcional a la dosis de radiación y dependerá de la densidad de ionización. La energía necesaria para lograr el salto cuántico será aportada por el proceso de ionización atómica y en muchos casos, más que una mera transición en la configuración atómica, puede generar una lesión a nivel cromosómico.

Entendemos así que la vida parece ser el comportamiento de la materia, no asentado exclusivamente en la tendencia de pasar del desorden al orden, sino más bien, en el mantenimiento de un orden existente preestablecido. Como advertimos, el bajo estado de desorganización de la materia viva se conserva por un aporte constante de energía libre, que si se suspende da paso a la muerte (estado de mayor desorganización). Este lábil sistema representa un estado estacionario y no un equilibrio (energía libre baja/desorden extremo). De este modo, el almacenamiento y expresión de la información genética tienen un costo energético, sin el cual las estructuras que atesoran esa información estarían perturbadas y sin sentido. Los organismos nunca están en equilibrio con su entorno; sus moléculas difieren en cuanto a características y concentración de

las del medio que los rodea y se sintetizan y degradan continuamente mediante un flujo constante de masa y energía, constituyendo la máxima expresión de un estado estacionario dinámico.

Como conclusión de estos párrafos, se podría inferir que más allá de las leyes que gobiernan el universo, la lógica molecular de la vida es insuperable.

Referencias

Figura 1. Pérez J. 2012. Exposición Mutaciones. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Mutaciones.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mutaciones.jpg)

Curtis H y Barnes NS. (1989). Introducción y Átomos y Moléculas. Curtis H y Barnes NS. Biología. Quinta Edición. pp 35-62. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana.

Lacadena, JR. (1996). Inducción de Variaciones Cromosómicas Estructurales. Lacadena, JR. Citogenética (Primera Edición). pp 82, 150-151. Editorial Complutense. España.

Lehninger AL, Nelson DL, Cox MM. (2014). Fundamentos de la Bioquímica. Nelson DL, y Cox MM. Principios De Bioquímica (Sexta Edición). pp 3-38. Estados Unidos. Editorial Macmillan Learning.

Lehninger AL, Nelson DL, y Cox MM. (2014). Bioenergética y tipos de reacciones bioquímicas. Nelson DL, y Cox MM. Principios De Bioquímica (Sexta Edición). pp 506-510. Estados Unidos. Editorial Macmillan Learning.

Nias AHW. (1998). History and Definitions. Nias AHW. An introduction to Radiobiology. pp. 89. Inglaterra. Ed Wiley.

Shödinger E. (2001). Que es la vida (Quinta Edición). Barcelona. Ed. TusQuets.