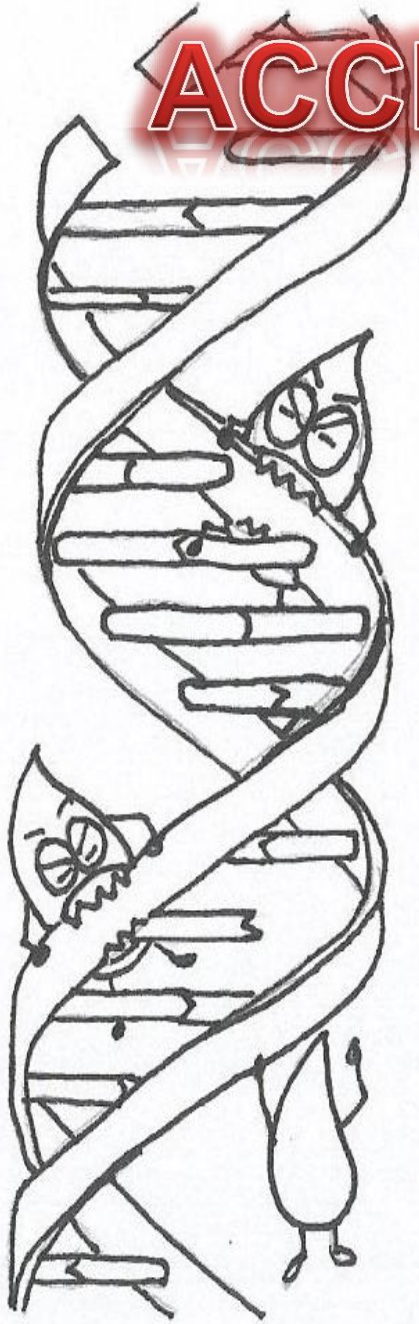
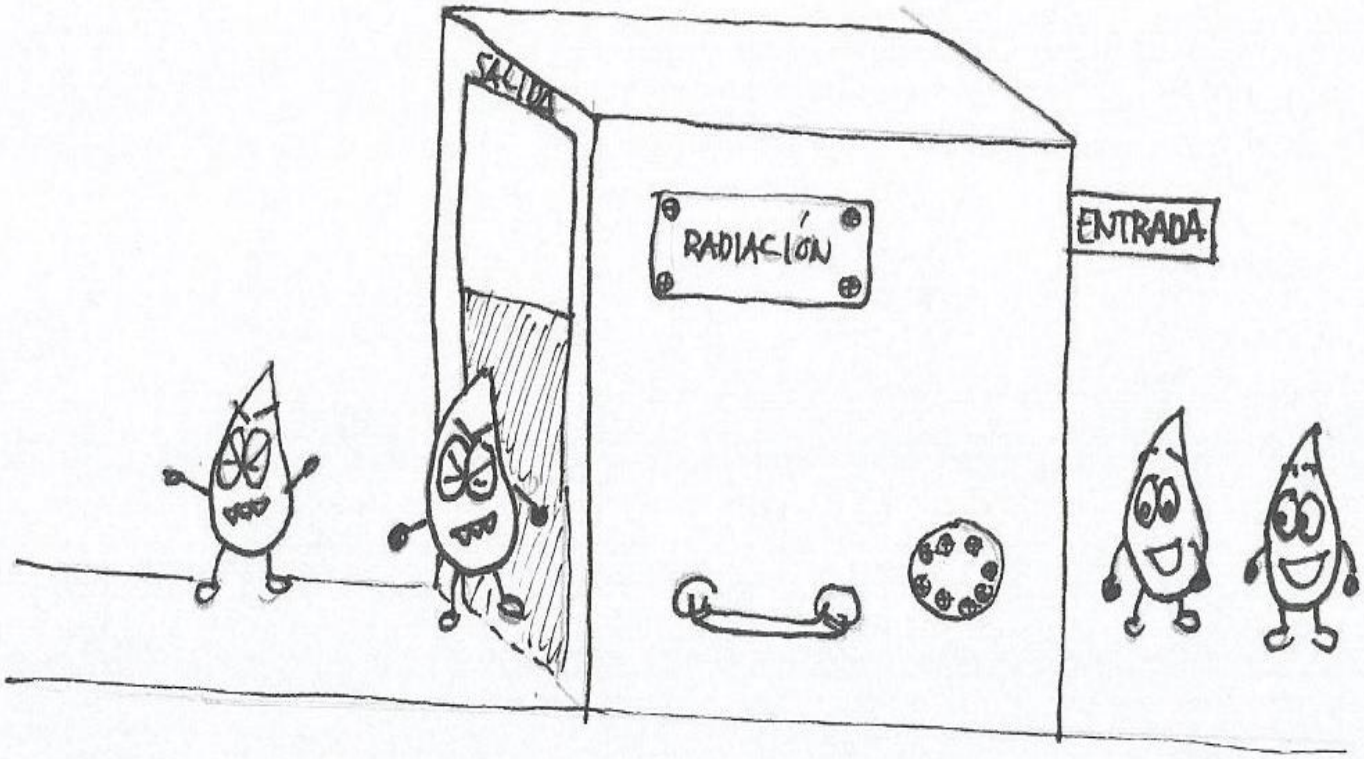
ACCIÓN INDIRECTA DE LA RADIACIÓN

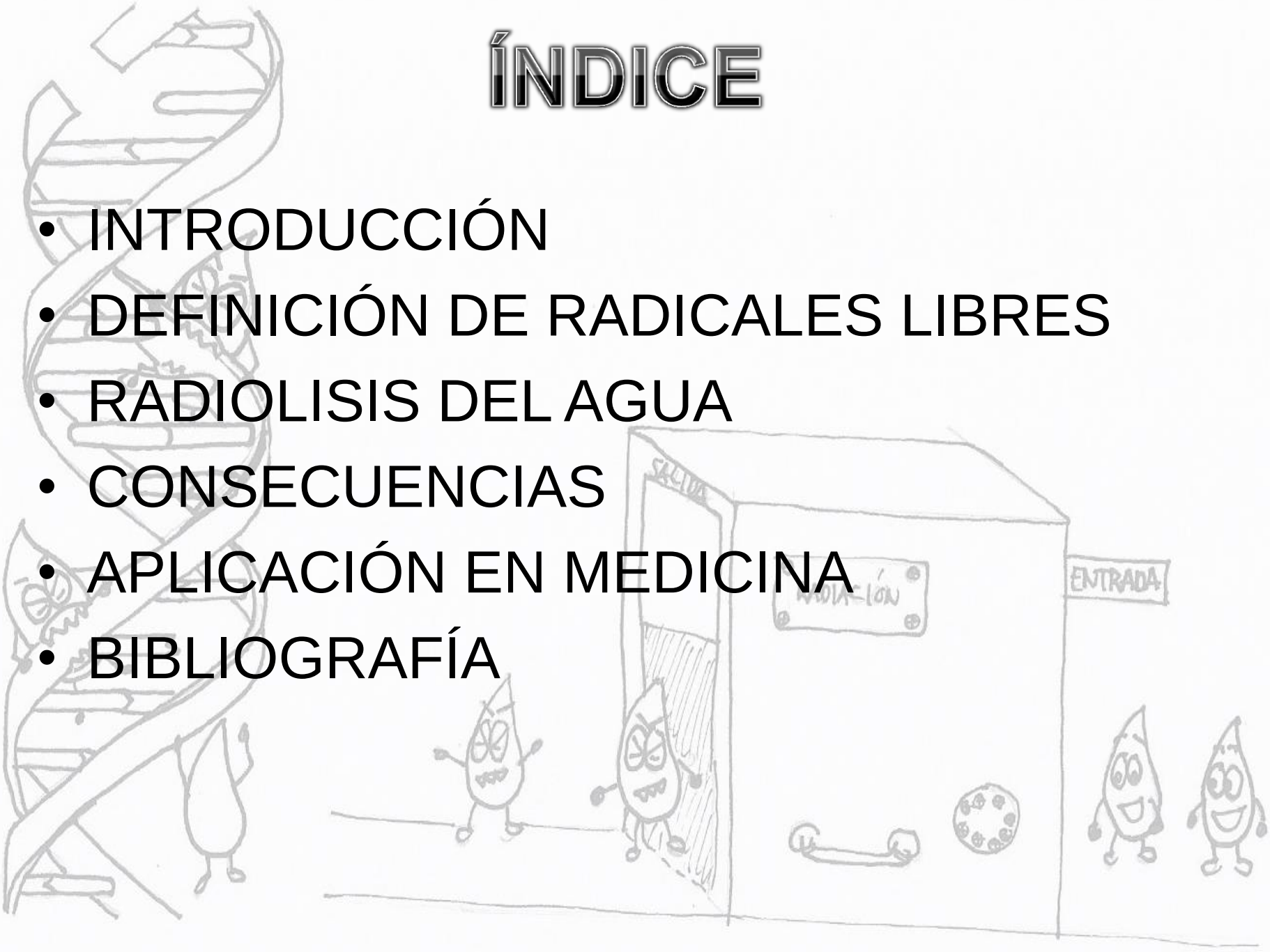
Celia Rodríguez Cabrero





ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
- DEFINICIÓN DE RADICALES LIBRES
- RADIOLISIS DEL AGUA
- CONSECUENCIAS
- APLICACIÓN EN MEDICINA
- BIBLIOGRAFÍA



INTRODUCCIÓN

La radiación ionizante va a provocar unas reacciones en las células para asimilar la energía que se ha absorbido, directa e indirecta.

La afectación indirecta va a dar lugar a la transferencia de energía en forma de **“RADICALES LIBRES”.**

Al ser el agua la molécula más frecuente en el organismo, va a ser la más afectada cuando se recibe radiación, y la que va a dar lugar a más radicales libres. Al proceso se llama **“RADIOLISIS DEL AGUA” .** La consecuencia va a ser el daño en el DNA.

Imagen. Aspectos generales de la interacción de la radiación con el medio biológico. [citado 2015 Mar 23]. Disponible en: http://www.elradon.com/web/wp-content/uploads/2012/04/biologicos.pdf

DEFINICIÓN DE RADICALES LIBRES

- Un radical libre es una molécula eléctricamente neutra que posee un electrón desapareado, no en su posición orbital.
- Suelen ser especies muy reactivas y de vida muy corta. Además, participan como intermedios en reacciones químicas y en multitud de procesos biológicos.
- Son resultado de agresiones externas o metabólicas y producen daño celular y genético.
- Normalmente, se recombinan para neutralizarse también orbitalmente. [1]

RADIOLISIS DEL AGUA [2]

La radiación va a hacer que el agua de lugar a la formación de un ion H_2O^+ y un electrón (e-) (llamado electrón acuoso). Esto se conoce como ionización:

$$H_2O + \text{radiación} \rightarrow H_2O^+ + e^-$$

Después de esta ionización se producen procesos de disociación, recombinación, transferencia de cargas y química.

- El ion H_2O^+ es inestable y va a formar con rapidez H+ y el radical OH•.

$$H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH^\bullet$$

- El electrón puede interaccionar con moléculas orgánicas o con otras moléculas de agua. Se forma el radical H• y el ión OH^-

$$e^- + H_2O \rightarrow H_2O^- \rightarrow H^\bullet + OH^-$$

RADIOLISIS DEL AGUA

Hay otra manera de formar radicales libres, con la excitación de la molécula de agua al incidir la radiación ionizante. Los procesos que se producen cuando se excita el agua aun no son bien conocidos pero se cree que es posible que se disocien a los radicales H• y OH•.

$$H_2O + \text{radiación} \rightarrow H_2O^* \rightarrow H^\bullet + OH^\bullet$$

Después de la excitación puede haber procesos secundarios de fluorescencia, disociación de radicales, disociación de iones, química, etc.

RADIOLISIS DEL AGUA

- OH- y H+, como son partículas con cargas opuestas, tienden a atraerse para neutralizarse y formar agua. Esto no produce daños importantes en general.

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

- OH• y H• son radicales con carga neutra que tienen un electrón desapareado, por lo que tienen gran reactividad, por eso permite crear enlaces con átomos de otras moléculas (que pueden ser orgánicas funcionales como proteínas o nucleótidos).

RADIOLISIS DEL AGUA

No todos los radicales libres van a llegar a provocar daño en el DNA, se distribuyen de forma heterogénea y la mayoría van a neutralizarse en otras reacciones generando agua, la formación de otras moléculas como peróxido de hidrógeno (comúnmente conocida como agua oxigenada) y H_2. aquí podemos observar las reacciones:

$$H^{\bullet} + H^{\bullet} \rightarrow H_2$$

$$OH^{\bullet} + OH^{\bullet} \rightarrow H_2O_2$$

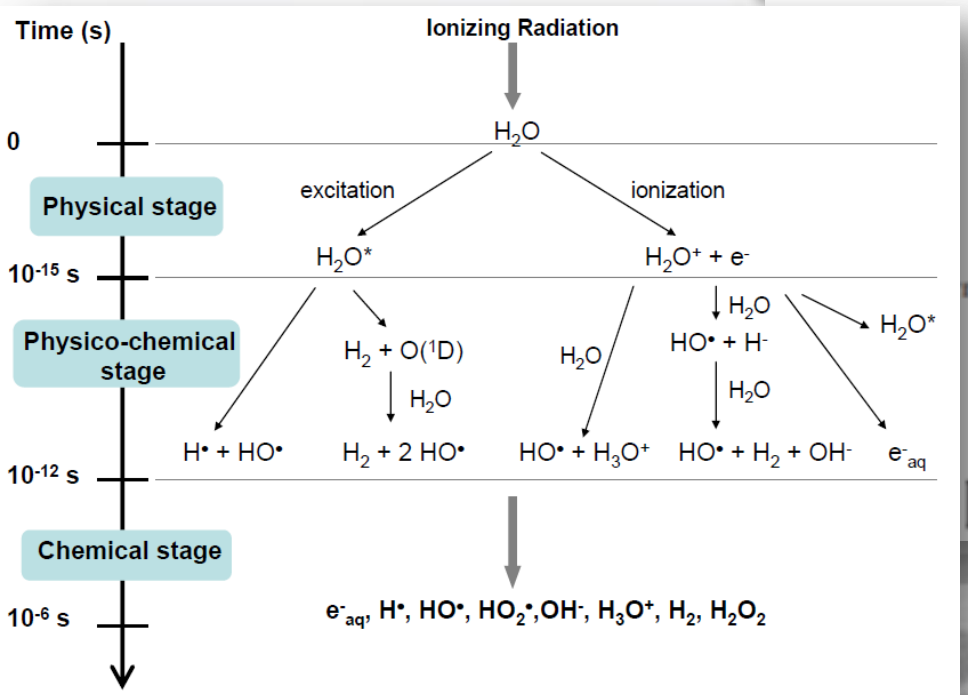
$$H^{\bullet} + OH^{\bullet} \rightarrow H_2O$$

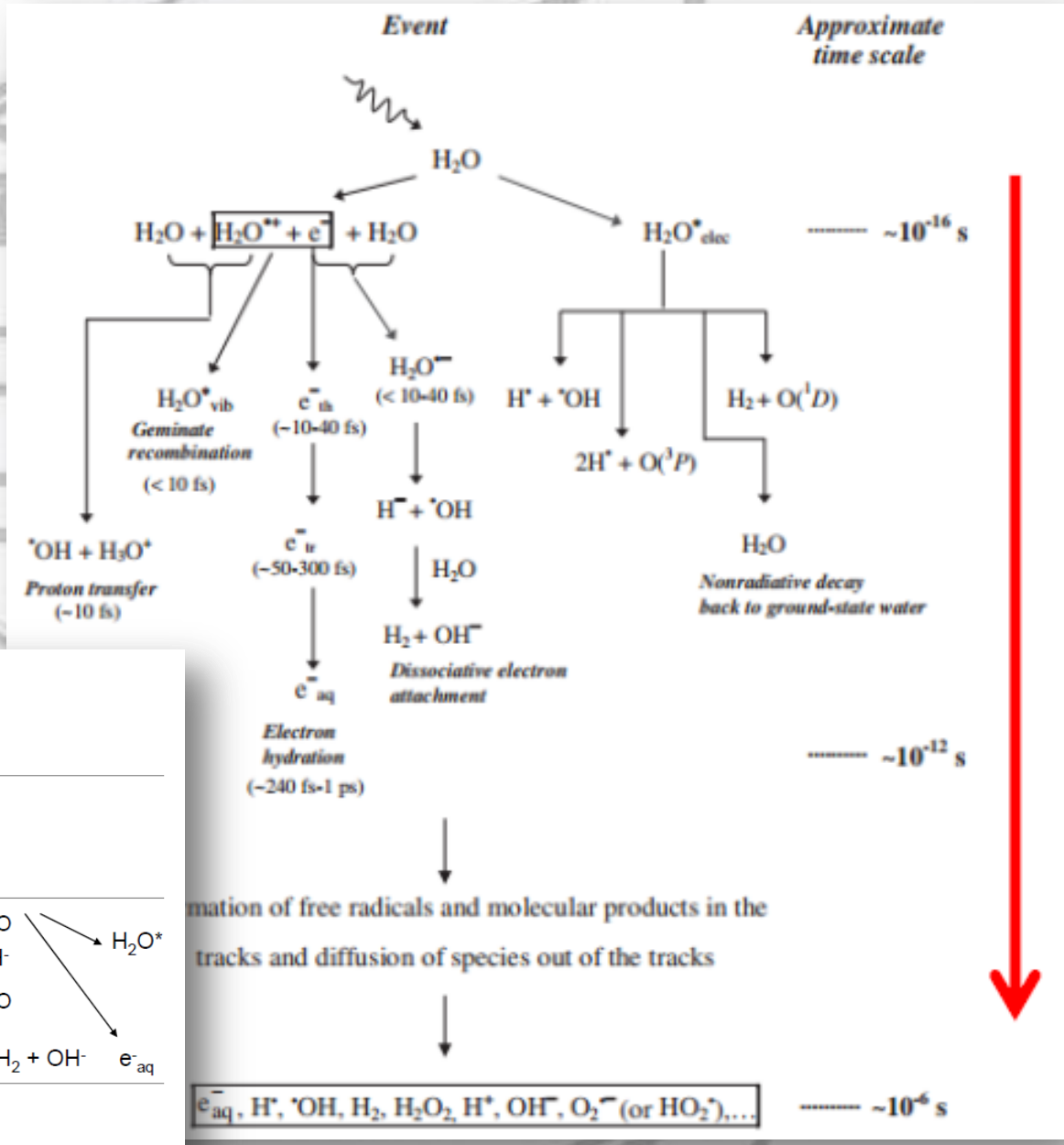
Los radicales pueden generar otros en el núcleo celular, llegando a atacar a las moléculas del DNA, como puede suceder en el siguiente caso:

$$H_2O + H^{\bullet} \rightarrow H_2 + OH^{\bullet}$$

E.I: Azzam et al. / Cancer Letters 327 (2012) 48-60

Sophie Le Caër. Water Radiolysis: Influence of Oxide Surfaces on H2 Production under Ionizing Radiation. Water 2011, 3, 235-253; doi:10.3390/w3010235





CONSECUENCIAS

El problema de la acción de los radicales libres en el ADN es mucho más importante. Los daños ocasionados en la molécula afectada pueden ser de diferente tipo: Los radicales libres no hacen daño si se unen a moléculas no fundamentales como lípidos, carbohidratos o proteínas pero sí si interaccionan con el DNA. Su acción puede producir:

- Daño en las bases nitrogenadas
- Rotura simple de cadena
- Rotura doble de cadena
- Daño múltiple localizado [3]

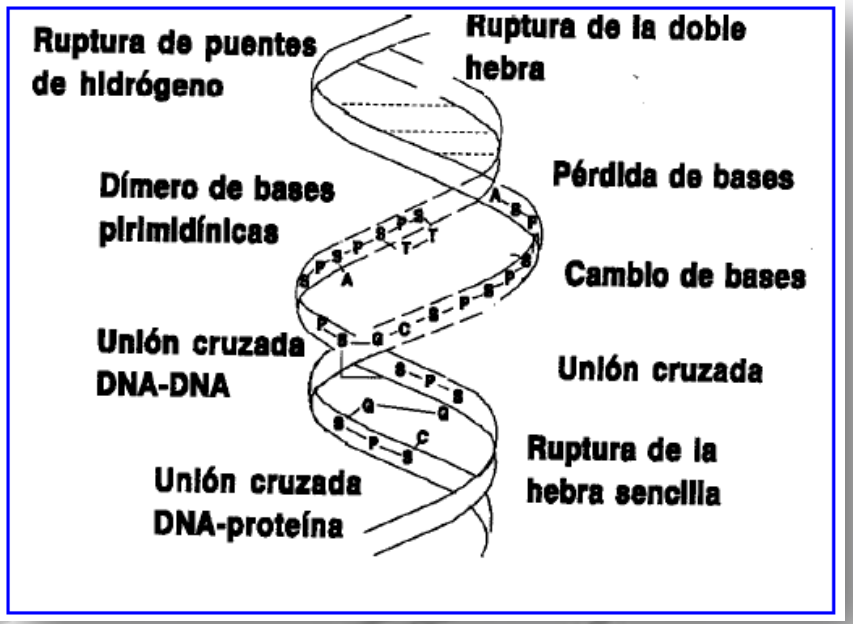


Imagen. Fuente bibliográfica [1]

APLICACIÓN EN MEDICINA

El oxígeno hace que los tumores sean más sensibles a la radiación. Cuando la radiación incide en el tumor,, se forman más radicales libres, si hay presencia de oxígeno, se unen (e impide que los radicales sean neutralizados) y dan productos tóxicos para las células tumorales y hay daño biológico.

Conclusión: se puede utilizar la radiosensibilidad del tumor al oxígeno como tratamiento.

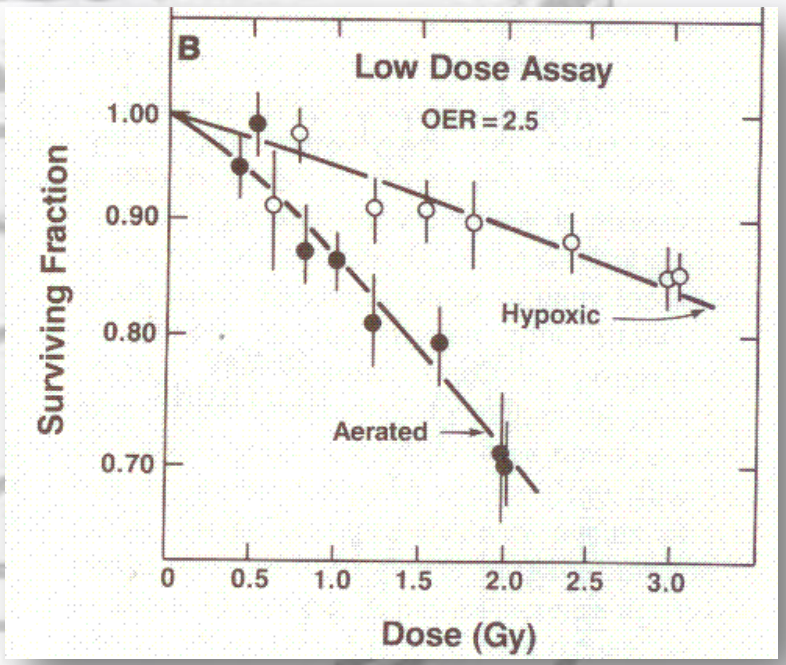
$$O_2 + R\bullet \rightarrow RO_2\bullet \rightarrow ROOH$$

APLICACIÓN EN MEDICINA

- Para calcular la dosis de radiación que se utiliza en un tumor se utiliza el Oxygen Enhacement Ratio (OER).
- Permite saber la dosis de radiación que habría que dar a un tumor con presencia de oxígeno o ausencia de este para obtener el mismo efecto biológico. El OER varía según el tipo de radiación. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$OER = \frac{Dosis\ en\ ausencia\ de\ Oxígeno}{Dosis\ en\ presencia\ de\ Oxígeno}$$

- Cuanto más oxigenado esté el tumor, menor es la fracción de supervivencia para la misma dosis de radiación. Se puede ver en este gráfico.



Radiation Protectors. c2008 [descargado 2008 Nov 6; citado 2015 Abr 24] disponible en: http://www.alpharubicon.com/basicnbc/radprotectorsradiological71.htm

BIBLIOGRAFÍA

1. *Núñez M. Efectos biológicos de las radiaciones – Dosimetría. Montevideo, Uruguay, Escuela Universitaria de Tecnología Médica: c2008 [descargado 2015 Mar 22; citado 2015 May 14]. Disponible en: http://www.alasbimn.net/comites/tecnologos/material/Efectos_biologicos_de_las_radiaciones.pdf*
2. *Wikipedia. Radiobiología. Etapa química. No hay fecha [citado 2015 May 14]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Radiobiolog%C3%ADa*
3. *Apuntes de radiología*

Nota: las imágenes de fondo han sido realizadas por Celia Rodríguez Cabrero, autora de este trabajo.