



## Radiobiología

# Efectos biológicos de los rayos X

**Prof. Alejandro R. Padilla S.**

Profesor en la cátedra de Radiología Oral y Maxilo-Facial  
Facultad de Odontología  
Universidad de Los Andes  
Mérida-Venezuela



**Dr. Axel Ruprecht**

Profesor y Jefe Radiología Oral y Maxilo-Facial  
Profesor de Anatomía y Biología Celular  
Universidad de Iowa  
USA

# Radiobiología

Rama de la biología, (ciencia de la vida) que estudia los efectos beneficiosos y adversos de la radiación ionizante sobre los organismos vivos.



## Radical libre

Átomo que posee un electrón desapareado en capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos.

Estos radicales intentan robar un electrón de las moléculas estables, con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica.

Al conseguir aparear su electrón libre, la molécula estable que lo cede se convierte en un radical libre, iniciándose una reacción en cadena que destruye las células.



## Efecto biológicos (curva dosis- respuesta)



## Efecto biológicos (curva dosis- respuesta)

**Lineal:** la respuesta esta directamente relacionada con la dosis. Al aumentar la dosis, aumenta proporcionalmente la respuesta.

**No lineal:** la respuesta no es proporcional a la dosis. Un aumento de la dosis puede causar una respuesta grande o pequeña, dependiendo de la posición en la curva de dosis-respuesta.



## Efecto biológicos (curva dosis- respuesta)

**Umbral:** Es la dosis en la cual los efectos son producidos; debajo de esta dosis, no hay efectos obvios.

**No umbral:** Cualquier dosis, no importa lo pequeña que sea, producirá una respuesta.



## Efecto biológicos (curva dosis- respuesta)

**Efecto estocástico:** ocurre por casualidad, por lo general sin un nivel de umbral de dosis.

La probabilidad de un efecto estocástico aumenta con la dosis, pero la severidad de la respuesta no es proporcional a la dosis.

Por ejemplo, dos personas pueden conseguir la misma dosis de radiación, pero la respuesta no será la misma en ambas personas. Mutaciones genéticas y cáncer son los dos efectos principales estocásticos



## Efecto biológicos (curva dosis- respuesta)

**Efecto determinista:** efectos de salud que aumentan en severidad con la dosis encima de un nivel de umbral.

Por lo general asociado a una relativa alta dosis en un período corto de tiempo. El eritema de la piel (enrojecimiento) y la formación de catarata por radiación son dos ejemplos de efectos deterministas.

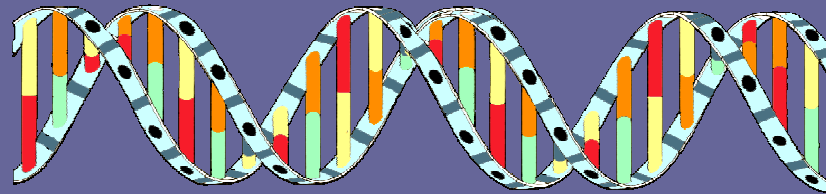




## Efecto biológicos

Los efectos de la radiación a nivel celular son el resultado de cambios de una molécula crítica.

Esta molécula es el ADN (el ácido desoxirribonucleico), que regula la actividad celular y contiene la información genética necesaria para la réplica de célula. Cambios permanentes de esta molécula cambiarán la función celular y puede causar la muerte de la célula.

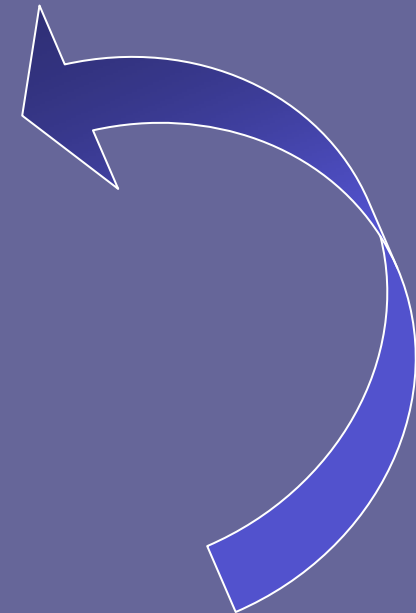
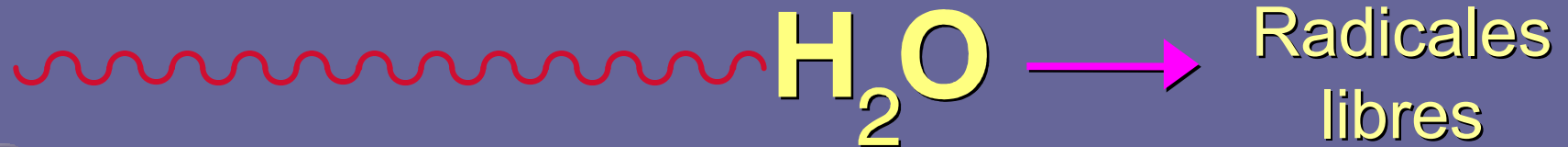


## Efecto biológicos

Efecto directo

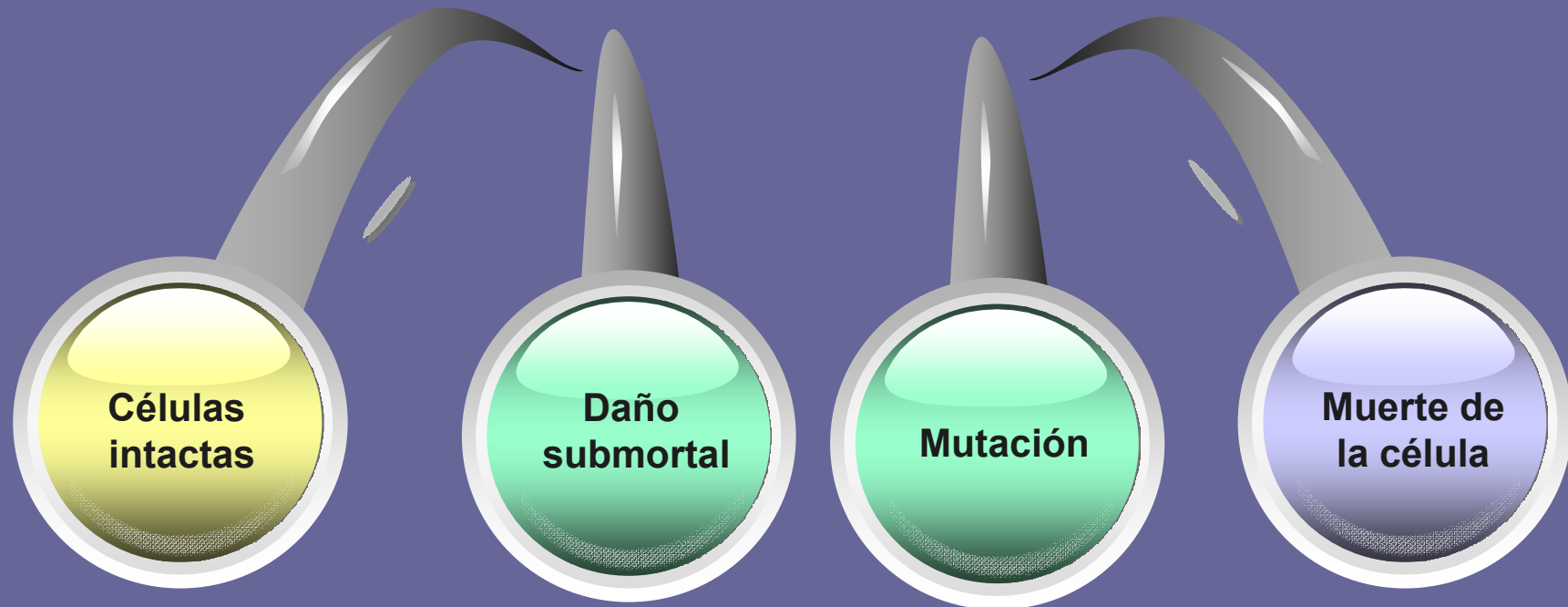


Efecto indirecto



## Efectos a nivel celular

### Efectos a nivel de la célula



## Efectos a nivel celular

### Células intactas

La ionización cambia la estructura de las células, pero no tiene ningún efecto negativo.

### Daño submortal

Las células son dañadas por la ionización pero el daño es reparado.



## Efectos a nivel celular

### Mutación

El daño celular puede ser incorrectamente reparado, y la función celular es alterada o la célula puede reproducirse en patrón incontrolado (el cáncer).

### Muerte de la célula

el daño celular es tan extenso que la célula no es capaz de reproducirse



## Ciclo celular

Hay más daño cuando la célula es irradiada durante la etapa temprana G1/S del ciclo celular (antes de la síntesis de ADN); el ADN dañado (el cromosoma) será duplicado durante la síntesis de ADN y causará una rotura ambas armas (brazos) del cromosoma en siguiente mitosis.



## Efectos a nivel de los cromosomas

La radiación ionizante puede, bien sea en forma directa o indirecta causar efectos como es el rompimiento en los cromosomas



## Efectos a nivel de los cromosomas

Tales rompimientos pueden repararse no causando daño.

O tales rompimientos pueden causar cambios estructurales, eliminación, y pérdida de parte o la totalidad de los cromosomas.





## Efectos a nivel de los cromosomas

La pérdida de una parte o de la totalidad de los cromosomas puede resultar en cambios en el status de la célula, y esto puede conducir a aberraciones en la función celular o la muerte de la misma.

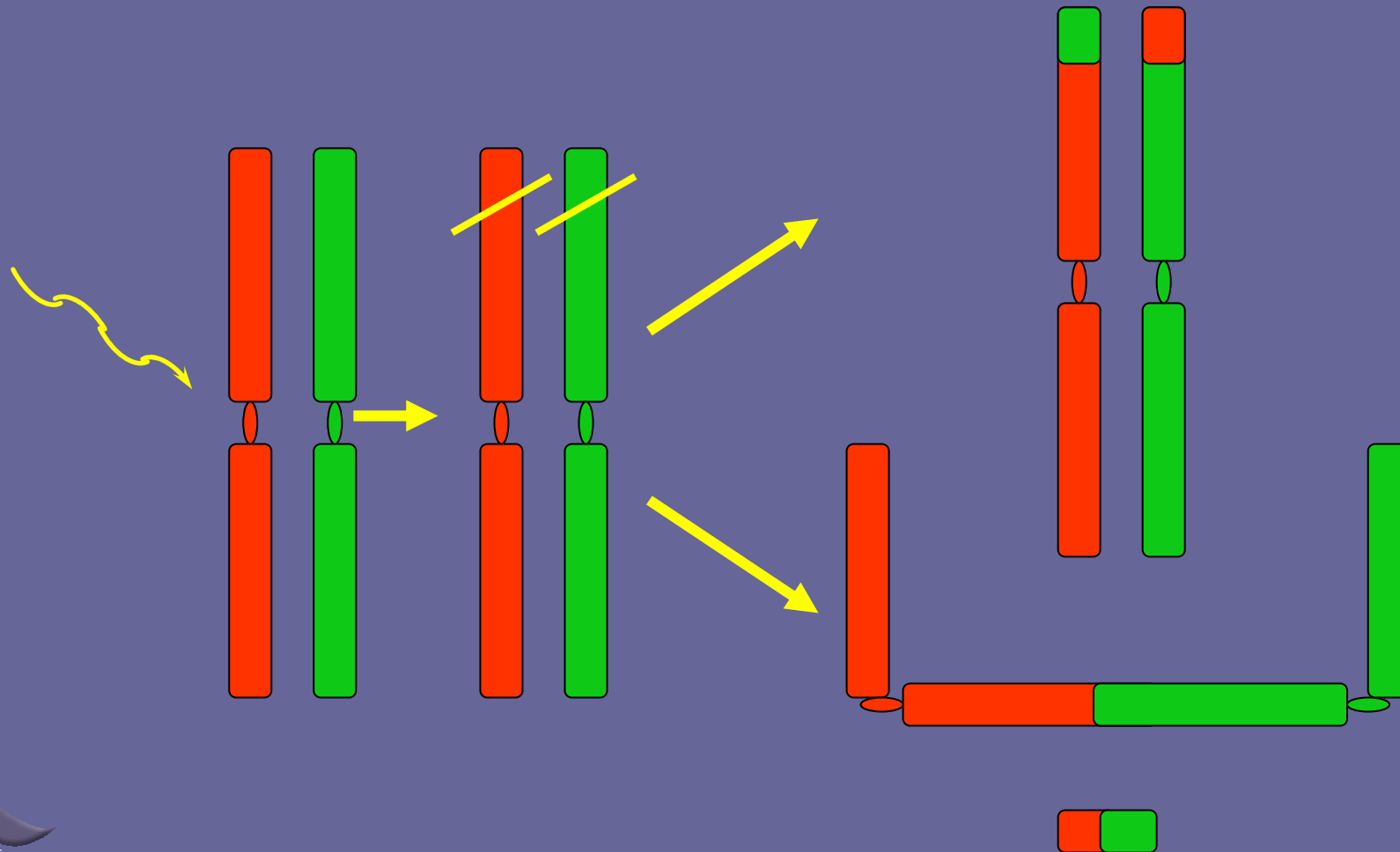


## Efectos a nivel de los cromosomas

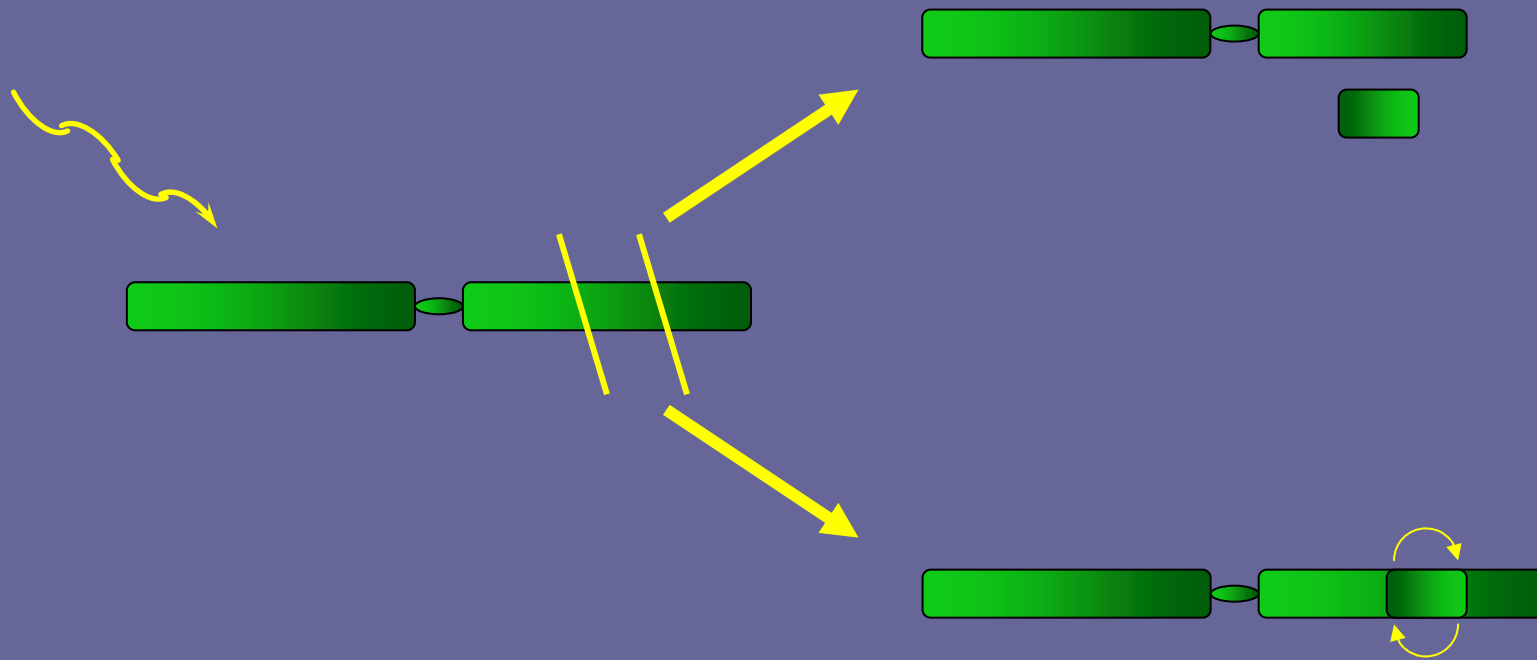
El efecto de la radiación varía con la dosis, la transferencia de energía lineal y de la etapa del ciclo celular.



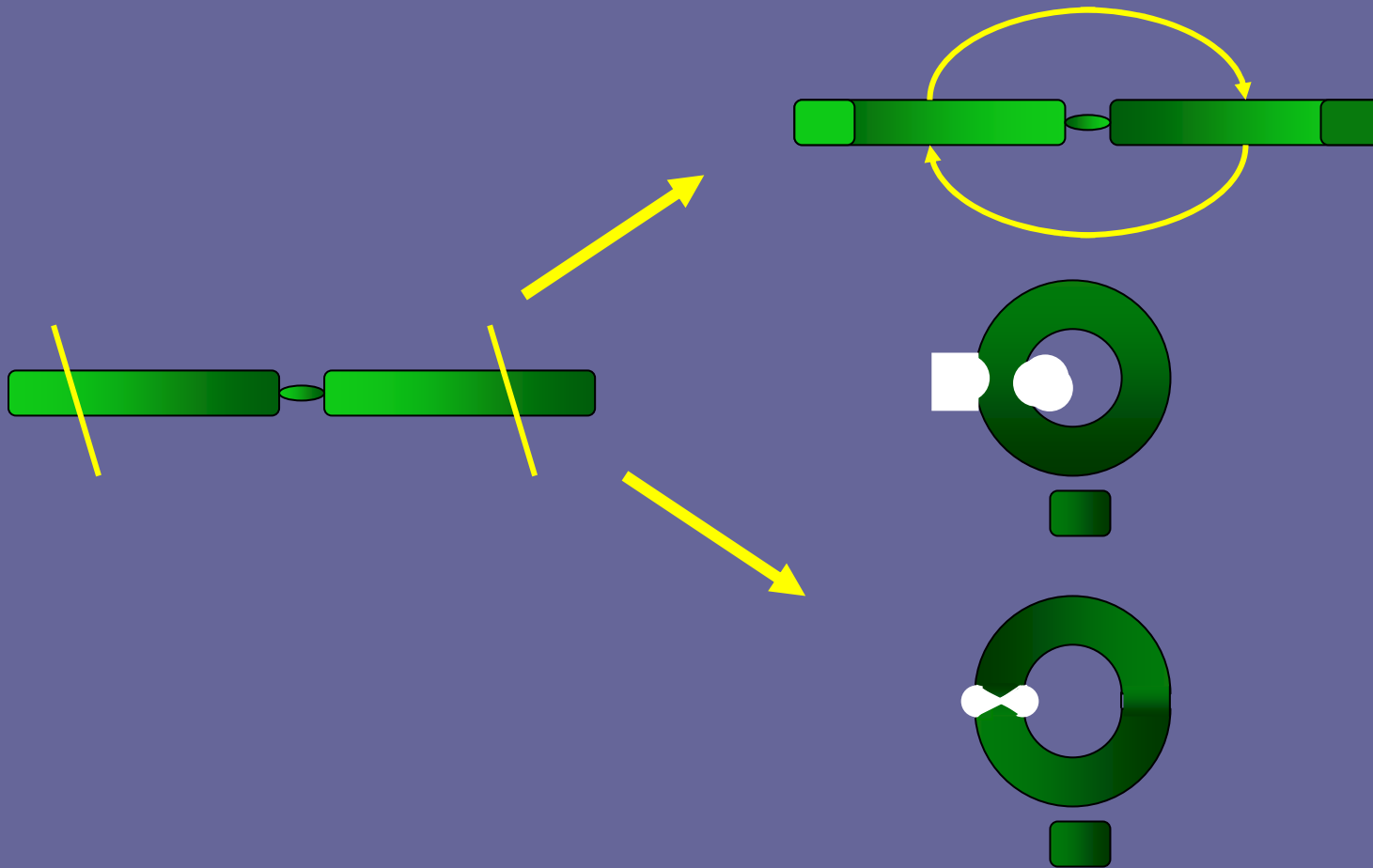
## Supresión, Entrecruce y Acoplamiento



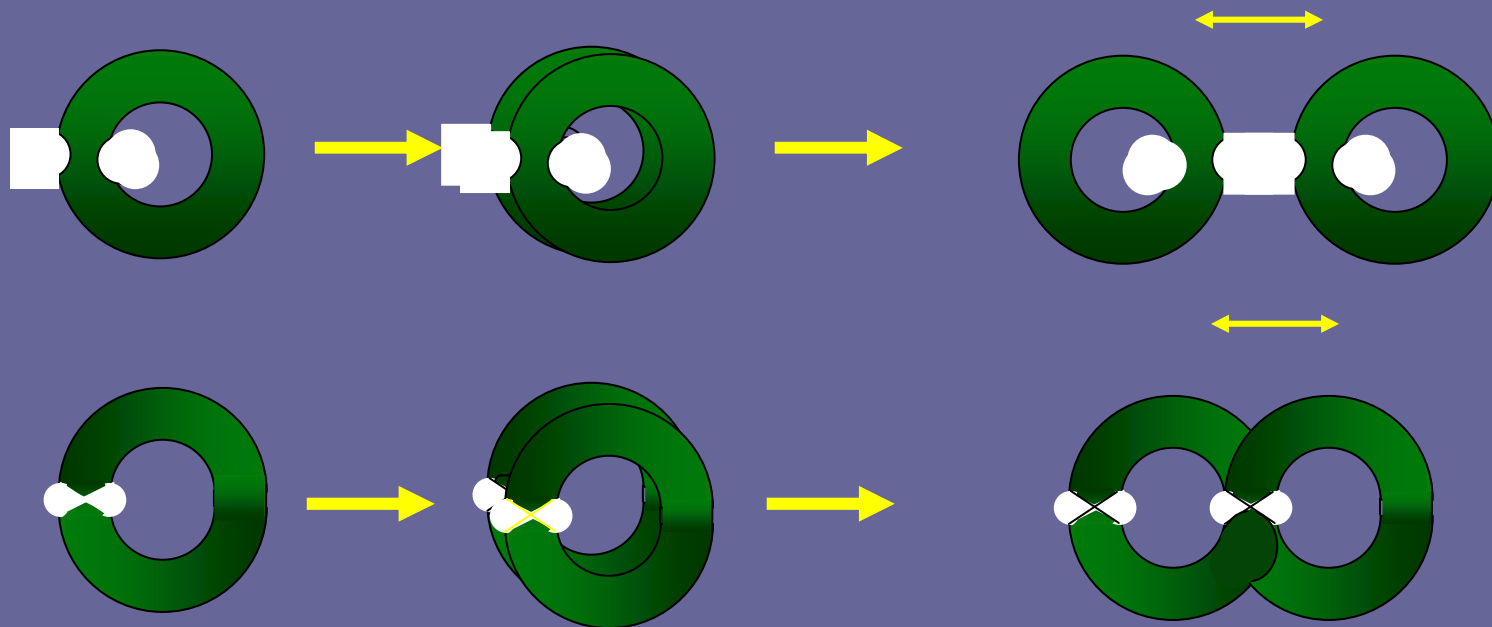
## Supresión e Inversión



## Inversión y cromosomas en aro



## Cromosoma en aro y replicación



## Inversión y Entrecruce







## Radiosensibilidad celular

Las células radiosensibles son más fácilmente dañadas por la radiación.

Las características de las células radiosensibles son:

- 1 Alta actividad reproductiva (muchas mitosis)
- 2 Indiferenciación celular (inmaduras)
- 3 Alta actividad metabólica

Ej. Linfocitos, células precursoras, las células básicas de piel y mucosa, eritroblastos.



## Radioresistencia celular

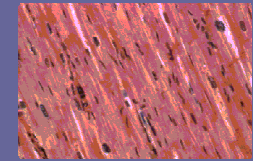
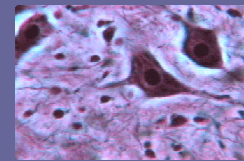
Las células radioresistentes son las menos susceptibles a ser dañadas por la radiación.

Las características de las células radioresistentes son:

Baja actividad reproductiva  
(poca mitosis)

Buena diferenciación celular  
(maduras)

Baja actividad metabólica

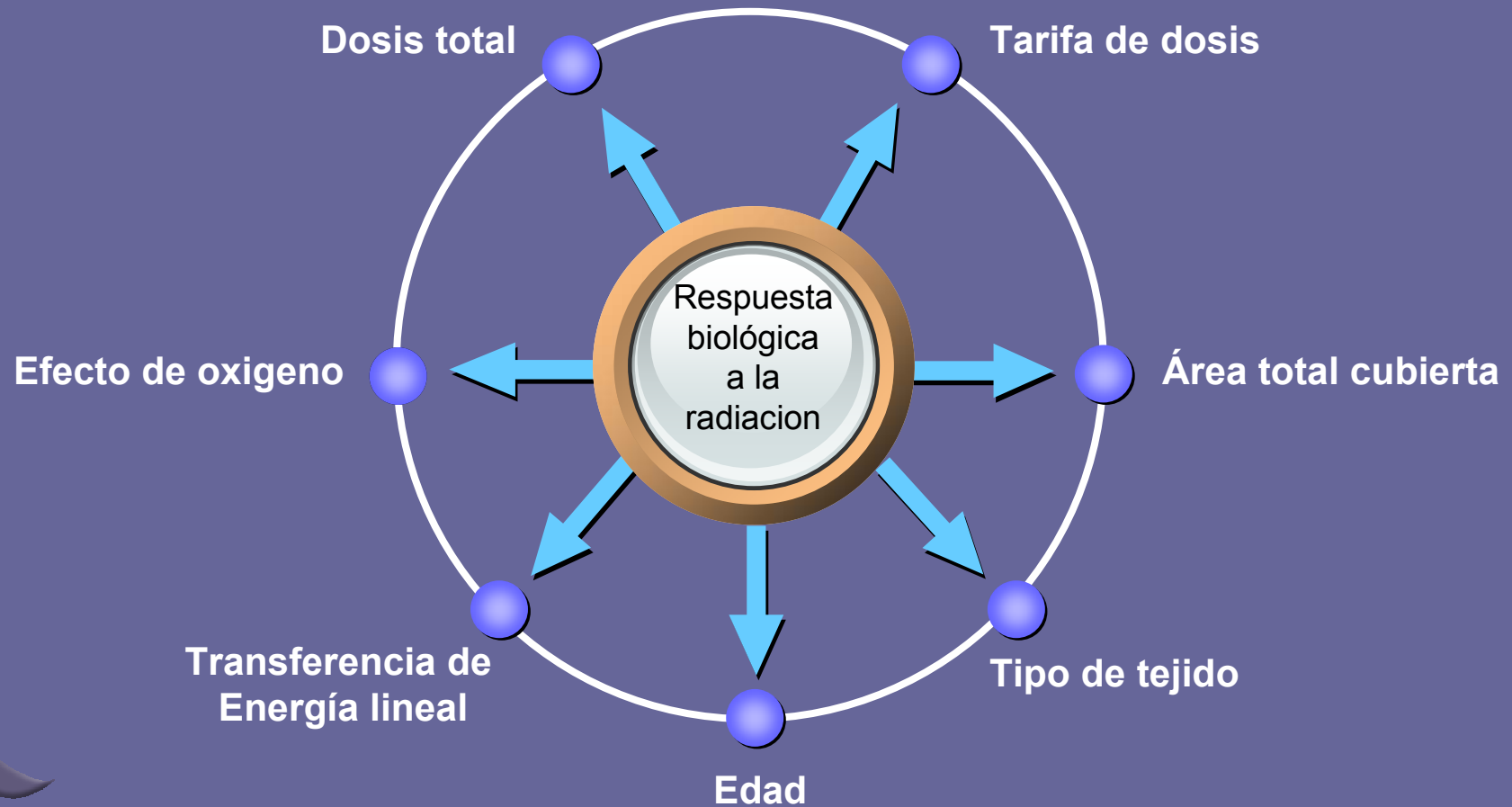


**Radioresistencia**

Ej. Nervios, tejido óseo  
y músculos



## Factores que modifican la respuesta a la radiación



## Factores que modifican la respuesta a la radiación

- **Dosis Total:** mientras más alta es la dosis de radiación, mayor es el daño potencial de la célula.
- **Tarifa de Dosis:** Una dosis alta para un período de tiempo corto, producirá más daño que la misma dosis recibida durante un período de tiempo largo.



## Factores que modifican la respuesta a la radiación

- **Área Total Cubierta:** mientras más células son expuestas a la radiación, mayor serán los efectos.
- **Tipo de tejido:** células radiosensibles tienen mayor probabilidad de ser dañadas por la radiación que las células radioresistente.
- **Edad:** las células se dividen con más frecuencia en un niño en crecimiento. Los jóvenes son afectados más por la radiación que las personas viejas.



## Factores que modifican la respuesta a la radiación

- **Transferencia de Energía lineal:** es la cantidad de energía que la radiación ionizante deposita en la materia con la cual interacciona. La radiación particulada (alfa, beta etc.) tienen una alta LET porque tiene una masa y actúa con los tejidos mucho más fácilmente que los rayos X.
- **Efecto de Oxígeno:** Los efectos de la radiación son más pronunciados en presencia de oxígeno. Requieren el oxígeno para la formación del radical libre hidroperoxil, que es el radical libre más perjudicial.



## Período latente

La cantidad de radiación que un paciente recibe en la radiografía dental diagnóstica (dosis efectiva) es relativamente pequeña. La mayor parte del daño producida por la radiación será reparado. Los efectos del daño de radiación que no es reparado, pueden no presentarse en muchos años.

El tiempo entre la exposición a los rayos x y la aparición de los efectos, se denomina período latente. En general, mientras más alta es la dosis, más corto es el período latente.



## Células somáticas vs Células genéticas

Hay dos tipos generales de células en el cuerpo; somáticas y genéticas.

Células somáticas son todas las células del cuerpo excepto las genéticas (reproductivas). Si las células somáticas son irradiadas, sólo la persona expuesta será afectada.

Las células genéticas son las reproductivas (óvulos y espermatozoides). Si las células genéticas son irradiadas, el descendiente del individuo puede ser afectado





## Efectos de la radiación

Efectos  
Somáticos  
agudos

Hematopoyético  
Gastrointestinal  
Cardiovascular  
Sistema nervioso

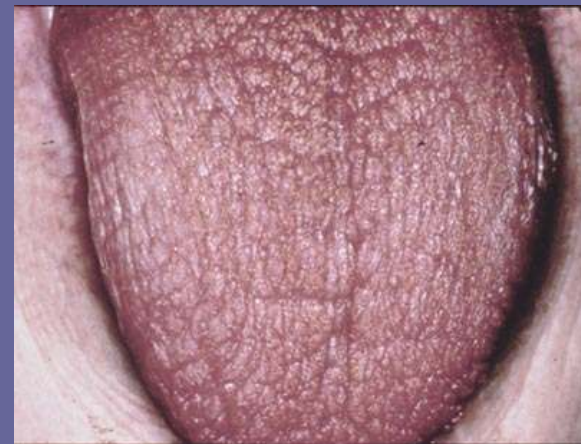
Efectos  
Somáticos  
crónicos

Cardiogénesis  
Cáncer tiroideo  
Cáncer de esófago  
Tumores cerebrales  
Tumores salivales  
Leucemia  
Cataratas

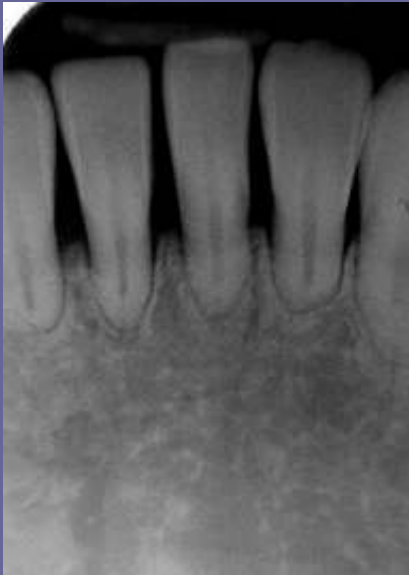
Efectos  
bucales

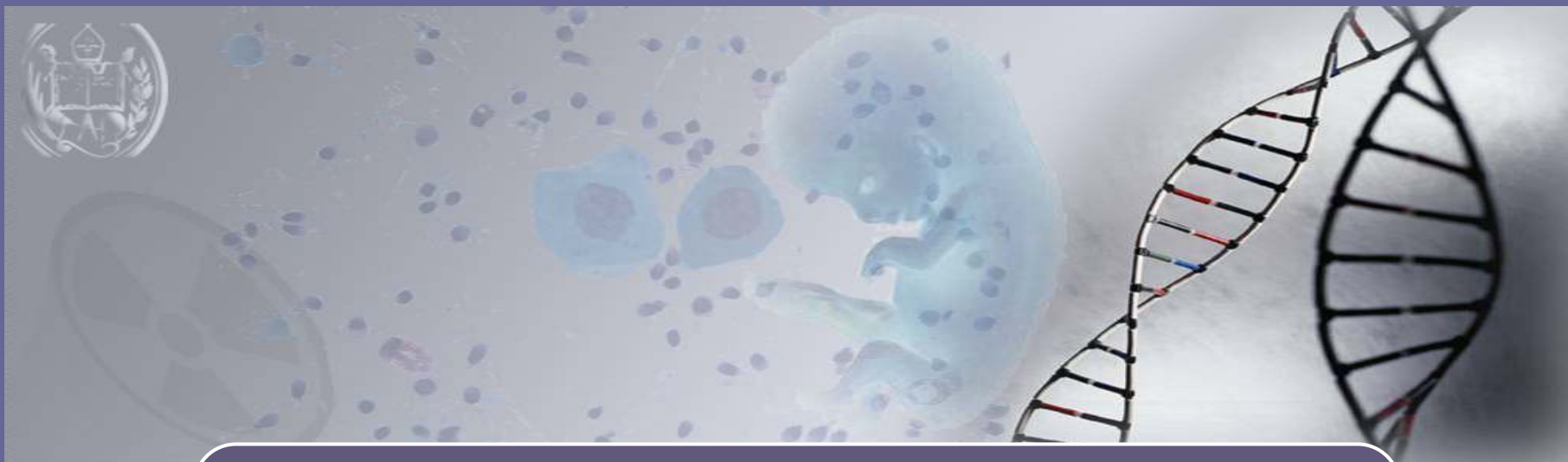
Mucositis  
Papilas gustativas  
Xerostomía  
Poco desarrollo dental  
Caries por radiación  
Osteoradionecrosis

## Efectos bucales de la radiación



## Efectos bucales de la radiación





Efectos Biológicos de los rayos x

**Gracias**

