



**7° Curso de Actualización en  
Protección Radiológica  
para Médicos Radioterapeutas**



**“RADIOPROTECCION DEL FETO Y LA  
MUJER GESTANTE (ICRP 84)**

**Lic Diana Dubner**

**23, 24 y 25 de Octubre de 2019**

**AMA - Av. Santa Fe 1171 - Capital Federal**

## Exposiciones “in utero”



Históricamente se pensó que todas las formas de radiación, incluyendo diagnóstica y terapéutica deberían ser evitadas durante la gestación. Esto no sólo llevó a la preocupación y ansiedad en el público, sino también a retrasos en el diagnóstico y tratamiento, con potenciales efectos adversos en la salud materna y fetal

Goldstein L.,Murphy DP. Microcephalic idiocy following radium therapy for uterine cancer during pregnancy *Ann J Obstet Gynecol*, 1929; 18:281-282



## Irradiación Prenatal

- Los riesgos se relacionan con la **dosis** absorbida y con la **edad gestacional**.
- El momento del desarrollo embrio-fetal en que ocurre una exposición a R.I. condiciona la radiosensibilidad y el espectro de efectos esperables



# ▶ Etapas del desarrollo

---

- 1- Preimplantación** :se considera hasta 10 días post concepción ( pc)
- 2. Mayor organogenesis:** desde la segunda semana hasta el final del segundo mes pc
- 3. Periodo fetal:** hasta el fin del embarazo
  - Temprano** semana 8-15 p.c.
  - Medio** semana 15-26 p.c.
  - Tardío** semana 26- fin del embarazo



## ▶ Etapa de preimplantación (hasta 10 días pc)

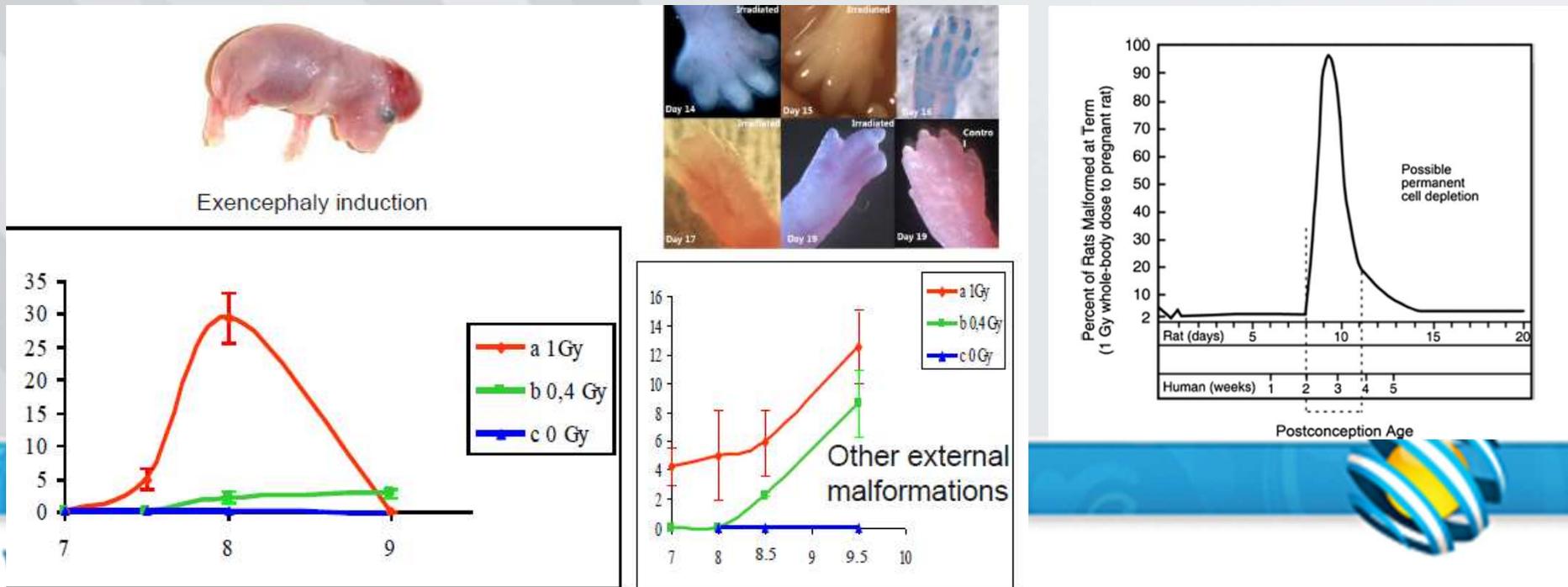
- Es el mas sensible de los estados al efecto letal de las radiaciones.
- **Efecto de todo o nada**
- *El embrión contiene solo unas pocas células no especializadas (pluripotenciales)*
- *Si se dañan demasiadas células : el embrión es reabsorbido*
- *Si solo murieron unas pocas : las restantes células pluripotentes remplazan las perdidas en unas pocas divisiones celulares*
- Hay poca información en esta fase en humanos. Los datos provienen de experimentación animal, principalmente ratones y ratas. Dosis de 50-150mGy pueden matar el óvulo fertilizado



# Organogenesis principal

Cada tejido/organo pasa por un período de máxima radiosensibilidad correspondiente a su fase de diferenciación y organización.

La exposición durante este período puede inducir malformaciones En modelos animales se han descrito anomalías esqueléticas, oculares, genitales, retardo del crecimiento.



## ► Organogenesis principal

---

Los datos epidemiológicos en humanos no permiten establecer relaciones causales inequívocas. , debido a la cantidad de agentes teratogénicos y que es un efecto inespecífico y no unico a la radiación.

Hay que tener en cuenta la tasa de anomalías congénitas espontáneas: 6% al nacimiento, 12 % en la niñez.

**Sobrevivientes de H y N expuestos “in útero” :**  
**mostraron microcefalia y retraso en el crecimiento y la probabilidad se incrementó con la dosis**

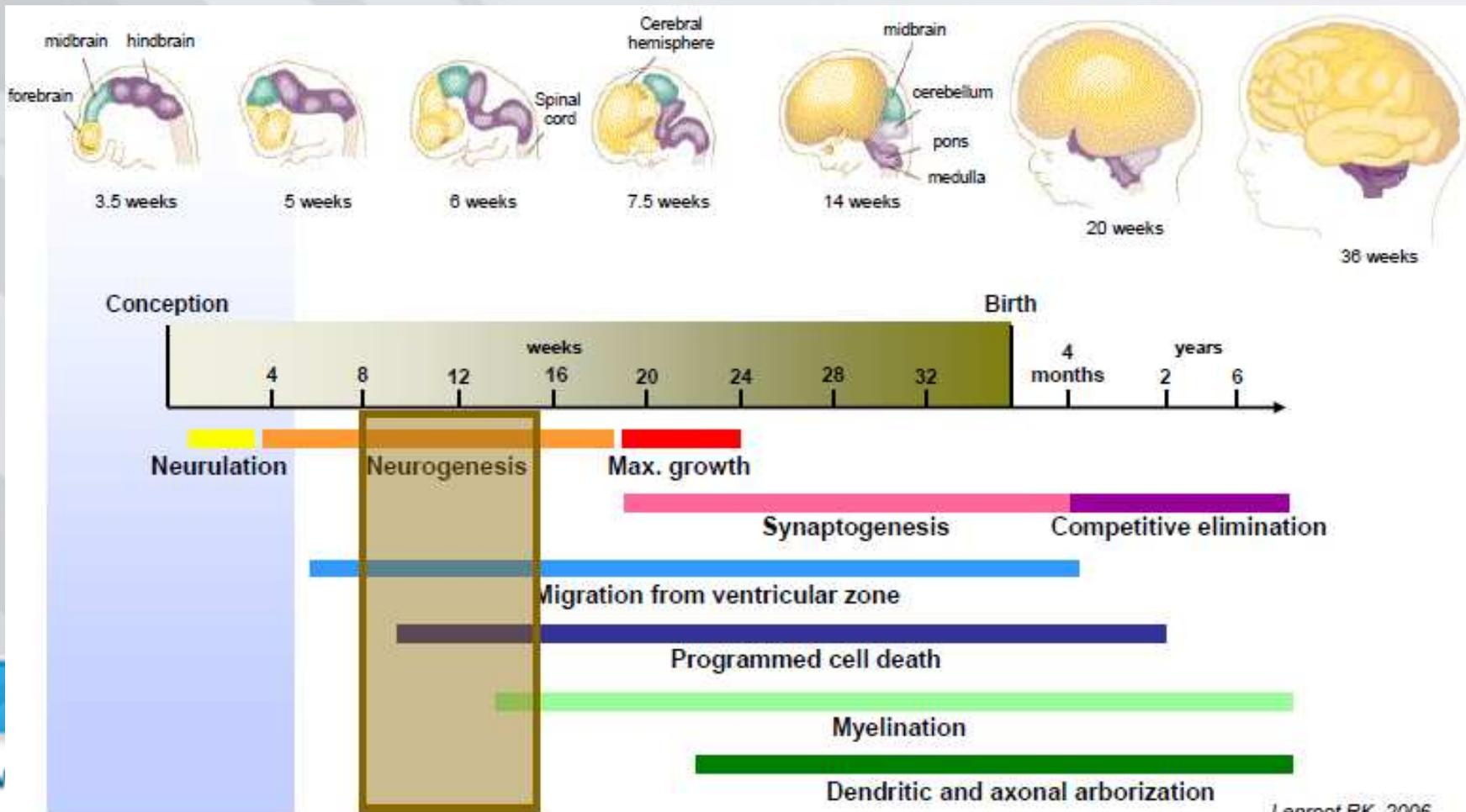
**Umbral ~ 0.1 Gy**



# Período fetal

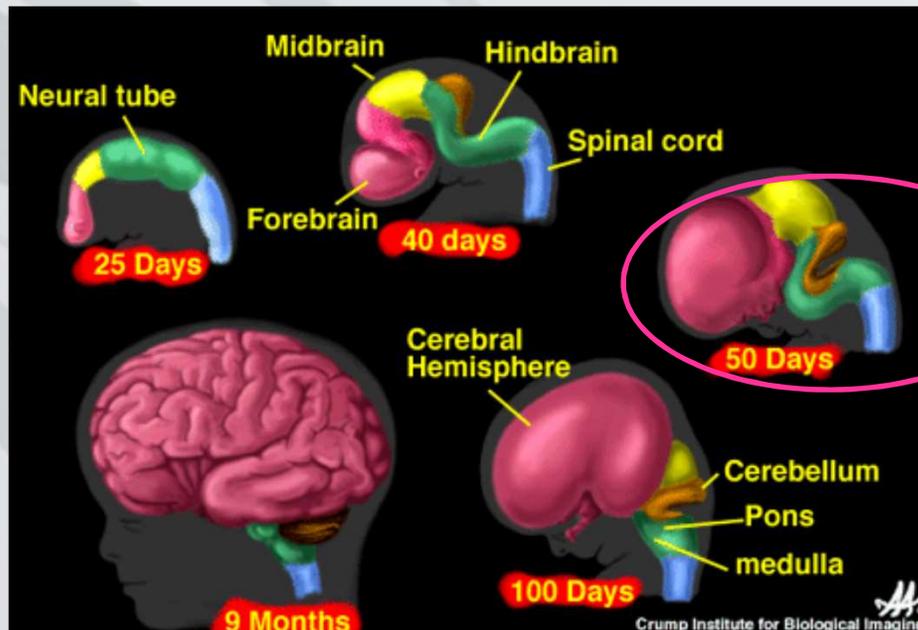
Durante 8-25 semanas después de la concepción, el SNC es particularmente sensible a la radiación .

El cerebro humano es probablemente el órgano mas complejo y su apropiado desarrollo y funcionamiento dependen de una elaborada secuencia de eventos que deben ser coordinados espacial y temporalmente



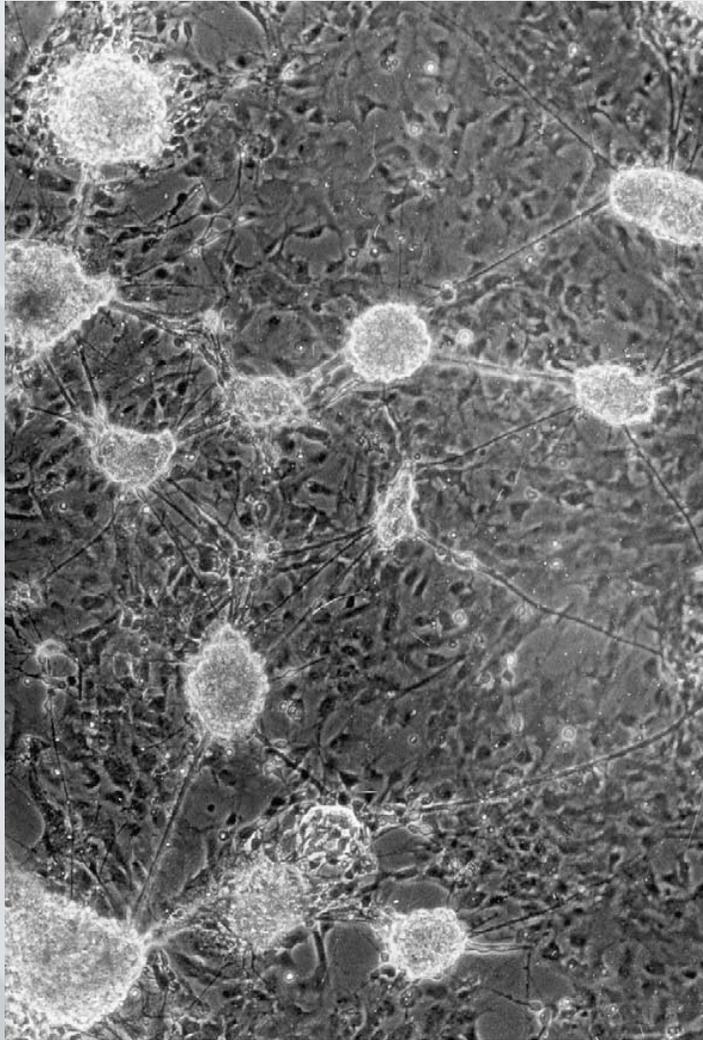
## Período fetal temprano

Probablemente los efectos de las radiaciones sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) sean el resultado de la muerte celular y de cambios en la diferenciación celular y la migración neuronal

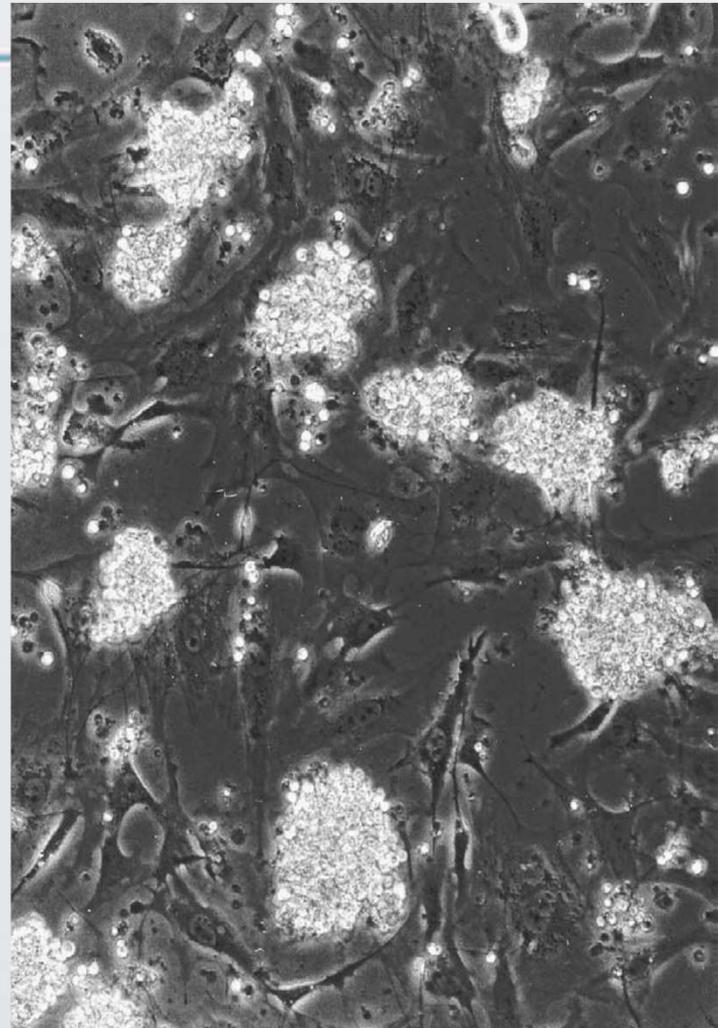


El período entre la 8ª y 15ª semana PC corresponde al momento de mayor proliferación de elementos neuronales y de su migración de los sitios de proliferación a la corteza cerebral

**El efecto primario de la irradiación en este período es la pérdida de la capacidad de proliferación de los neuroblastos y perturbación de la migración y sinaptogénesis de las neuronas**



**Control:** Numerous neuron aggregates linked by directionally oriented bridges on glial cells background



**3 Gy** lower number of neuron aggregates . The absence of bridges overlying the glial cells is noteworthy

De la semana 16 a 25, pueden ocurrir efectos similares a los observados en la etapa de las semanas 8 a 15, pero sólo cuando las dosis son muy grandes (del orden del Gy).

□ A esos niveles de dosis, la madre podría estar mostrando signos de síndrome de radiación aguda.

Más allá de la semana 20 el feto está completamente desarrollado y se ha vuelto más resistente a los efectos de la radiación sobre el desarrollo.

En esta etapa, el feto no es más vulnerable que la madre a los efectos de la radiación.



## Riesgo de retraso mental severo

8-15 semana	16-25 semana
<b>40%/Gy</b>	<b>10%/Gy</b>
Umbral: 200-300 mSv	Umbral: 500 mSv

En el estudio de 1600 niños expuestos “in-utero” en Hiroshima y Nagasaki, en diferentes períodos de gestación y a diferentes dosis, se observaron 30 casos de retraso mental severo.

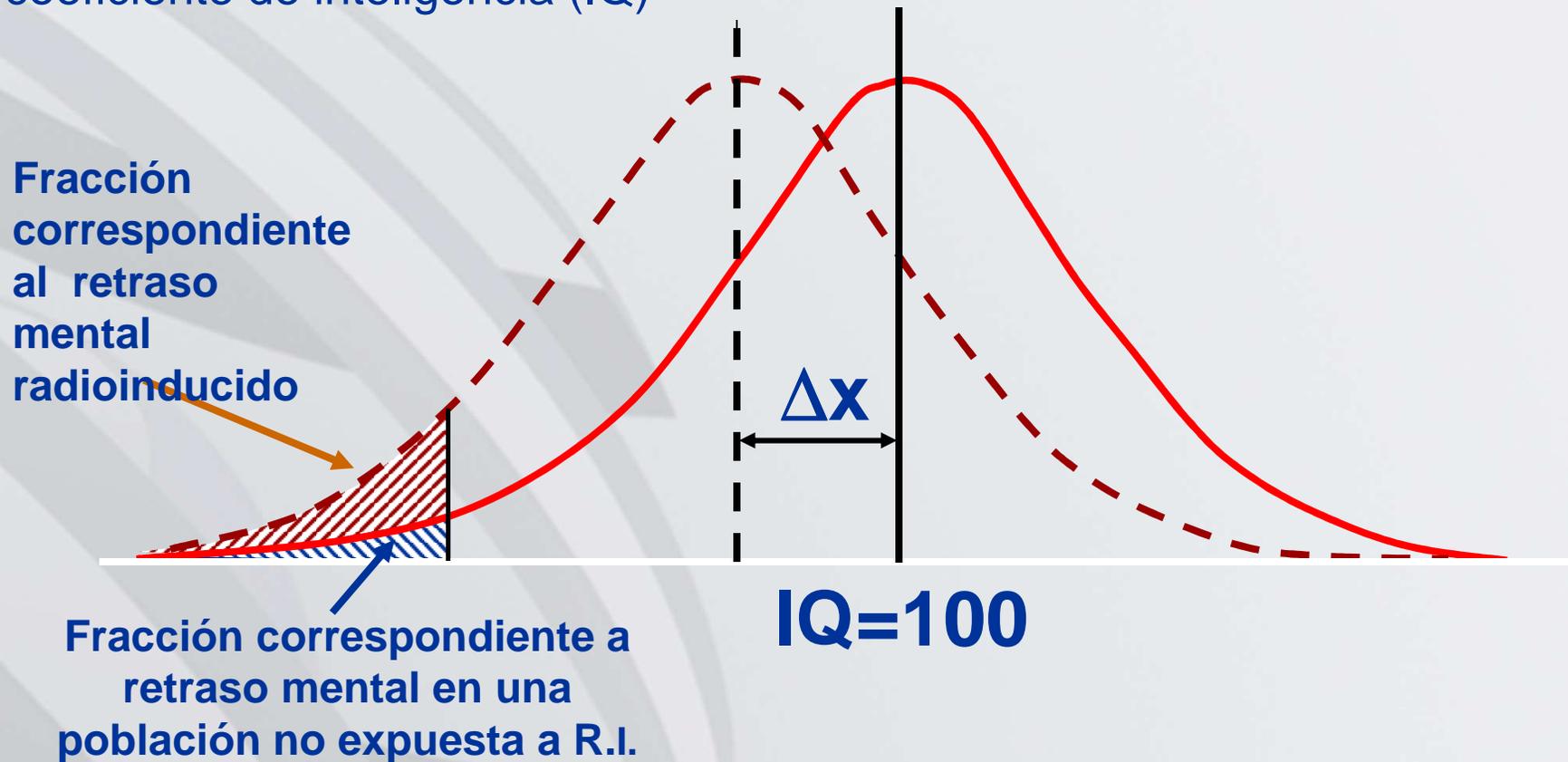
El 83% de prenatales expuestos en semanas 8-15 mostraron migración neuronal anormal y microcefalia

No se observó exceso de retardo mental por exposición antes de la 8° ni después de la 25° semana



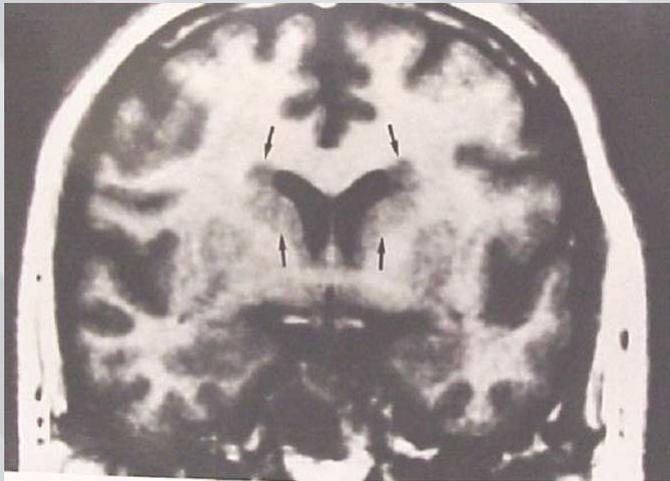
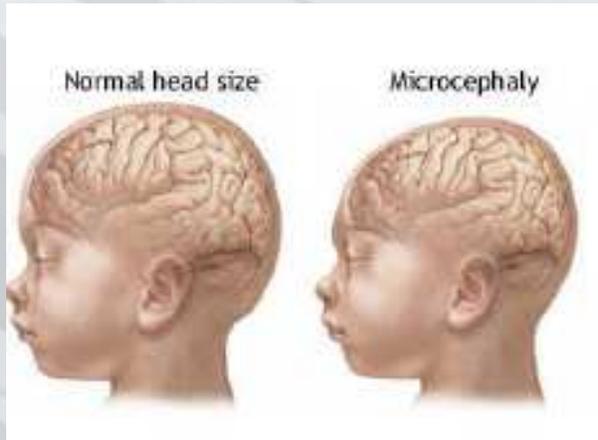
## Período fetal ( Semanas:8-25)

La exposición durante este período resulta en una disminución del coeficiente de inteligencia (IQ)



IQ: se desplaza 21 a 33 ptos/Gy entre la semana 8 y 15 e.g.  
( observable con dosis mayores de **100 mGy: UMBRAL** )

## Otros efectos observados

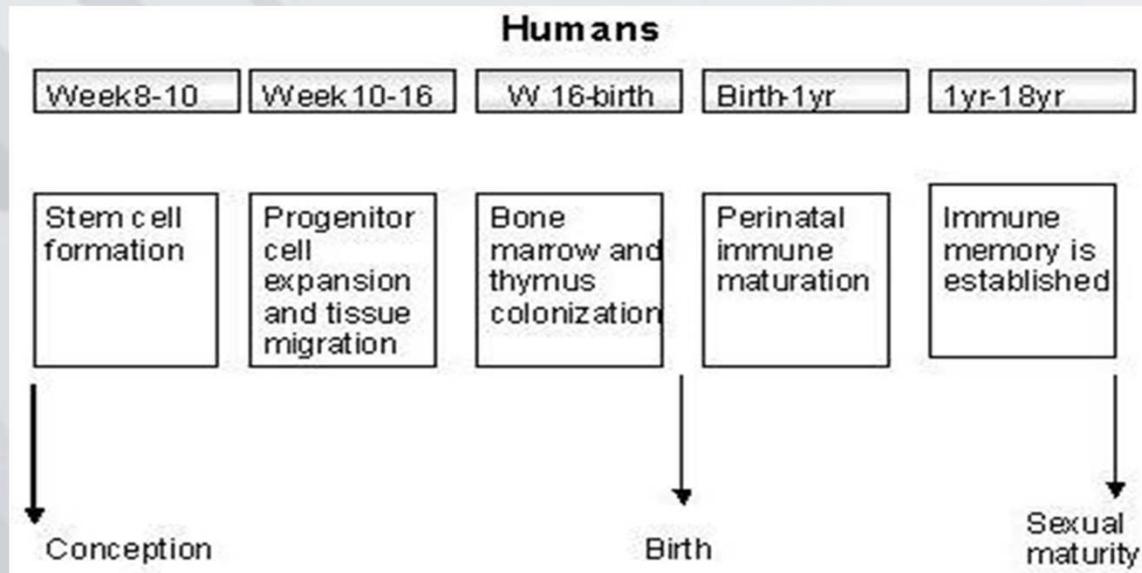


- Retardo en funciones motoras y en el habla
- Distorsiones faciales
- Retraso en el crecimiento y desarrollo
- Hiperactividad
- Convulsiones
- Dificultades en coordinación y equilibrio
- Heterotopía de la sustancia gris

## Período fetal tardío

La irradiación en este período no resulta en malformaciones, pero puede resultar en depleción celular, particularmente del sistema hematopoyético. Dosis muy altas: efecto letal.

### Sistema Inmunológico



La misma D (500 mGy) dada en período temprano de gestación no tiene efecto, mientras que dada en un período medio o tardío, resulta en depleción significativa de precursores de la médula ósea un año después

## Inducción de cancer

---

Bajas dosis: aumento de la probabilidad de **ocurrencia de cáncer**

La magnitud del riesgo de cáncer por exposición prenatal y si este riesgo varía a través de la gestación está abierto a debate.

Actualmente el riesgo de cáncer se asume que es constante a lo largo del embarazo



## Inducción de cáncer

- The Oxford Survey Study de Cáncer en la Niñez:
  - Una asociación entre cáncer en la niñez y diagnóstico con Rayos X durante el período prenatal fue descripta
- El exceso de cáncer como resultado de exposiciones “in utero” no ha sido claramente demostrado en estudios de HyN
- En Chernobyl, un estudio de 2582 individuos expuestos *in utero* muestra un EOR significativo para cáncer de tiroides, pero no mayor que el estimado para niños

**En general hoy es aceptado que el riesgo de inducción de cancer por exposición prenatal es del mismo rango del que se observa por exposición durante la niñez: un factor 2-3 mas alto que el riesgo en adultos para algunos tipos de cáncer**



## ▶ Leucemia y cáncer

---

- El ICRP concluyó de la compilación de datos de siete estudios de casos y controles y cuatro estudios de cohorte:

RR: 1.4 (IC 95%, 1.23-1.59)

La incidencia natural de cáncer infantil: 0.2-0.3%

**Para un niño expuesto en el útero a 10 mGy, el riesgo absoluto de cáncer hasta los 15 años sería de alrededor de 1/1700 exceso de cáncer.**



## Efectos de la Radiación sobre el Embrión/Feto en función de la edad gestacional

Efecto	Preimplantac. 0 – 10 días	Organogénesis 2-8 semanas	8-15 semana	Período fetal 16-25 semanas	≥ 26 semanas
Muerte	+++	+	-	-	-
Microcefalia	-	+++	±	±	-
Retardo Mental	-	-	+++	++	-
Retraso crecimiento	-	+	+	+	+
Carcinogénesis	-	+	+	+	+



## Resumen de Riesgo en función de la Dosis

Dosis (Gy)	Riesgo
< 0.05	Bajo
0.05 – 0.10	Incierto
0.10-0.50	Significativo (1°-2° trimestre)
> 0.50	Alto (Todos los trimestres)



## Irradiación antes de la concepción

- No hay evidencia de que la irradiación de las gónadas de cualquiera de los dos progenitores antes de la concepción, produzca un aumento en el riesgo de cáncer o malformaciones en niños.
- Esta afirmación procede de los estudios científicos minuciosos realizados en los supervivientes de las bombas atómicas y de los realizados en pacientes que han sido tratados con radioterapia cuando eran niños.

- **Genetic effects of radiotherapy for childhood cancer.**
- [Boice JD Jr](#), [Tawn EJ](#), [Winther JF](#), [Donaldson SS](#), [Green DM](#), [Mertens AC](#), [Mulvihill JJ](#), [Olsen JH](#), [Robison LL](#), [Stovall M](#).. Health Phys 2003; 85: 65-80
- 25000 sobrevivientes de cáncer en la infancia (USA- Dinamarca)
- 6000 descendientes
- Dosis en gonadas: 46%  $\geq$  100mSv; 16%  $\geq$  1000mSv
- Los análisis Dosis-Respuesta proveen evidencia que los tratamientos no conllevan ningún riesgo de efectos genéticos para la descendencia concebida post-exposición

## **Irradiación antes de la concepción**

**El grado de daño uterino depende de la dosis total, lugar de irradiación y edad en el momento del tratamiento**

**Reducido volumen uterino  
Alteración en la distensibilidad  
Fibrosis miometrial  
Daño en la vasculatuiria**

**Aborto espontáneo  
Nacimiento pretérmino  
Niños de bajo peso  
Anormalidades de la placenta**



## Exposiciones “in utero”

**SI EL EMBARAZO SE DECLARA ANTES DE EFECTUAR UNA PRÁCTICA MÉDICA QUE INVOLUCRA LA EXPOSICIÓN A R.I.**

**SE APLICAN LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA RADIOPROTECCIÓN, CON ALGUNAS PARTICULARIDADES.**

**JUSTIFICACION**

**OPTIMIZACION**

~~**LIMITACION**~~

## Justificación

Una práctica médica en una mujer gestante está debidamente justificada si...

El riesgo que implica para la madre el hecho de no efectuarla

supera

El riesgo potencial de daño al embrión/ feto asociado a la práctica



## ▶ Radioterapia



La incidencia de cáncer asociado a embarazo es relativamente baja: 0.07-0.1%. (mama, melanoma, linfoma de Hodgkin, leucemia, cervix, cerebro)

Algunos aspectos a considerar:

- El estadio y la agresividad del tumor
- Los efectos hormonales potenciales del embarazo sobre el tumor
- Las diferentes terapias posibles
- Las consecuencias de posponer la terapia
- Los efectos esperables de la enfermedad materna sobre el feto
- La etapa del embarazo
- El momento y la forma que podría producirse el nacimiento seguro del niño



- **Necesidad o no de interrumpir el embarazo**

**Evaluación por equipo multidisciplinario: oncólogo, cirujano, radioterapeuta, obstetra, físico médico, endocrinólogo, psicólogo, especialista en medicina materno-infantil,**



# Optimizacion

---

**UNA VEZ JUSTIFICADO EL PROCEDIMIENTO, SE DEBERÁ OPTIMIZAR LA PRÁCTICA PARA CREAR LAS CONDICIONES QUE PERMITAN**

- **Administrar la menor dosis en útero**
- **Garantizar el propósito diagnóstico/terapéutico**



## ▶ Teleterapia con campos no pelvianos

Puede realizarse la teleterapia con campos no pelvianos durante el embarazo, pero exige una estimación cuidadosa de la dosis fetal . Considerar modificaciones que minimicen la dosis fetal:

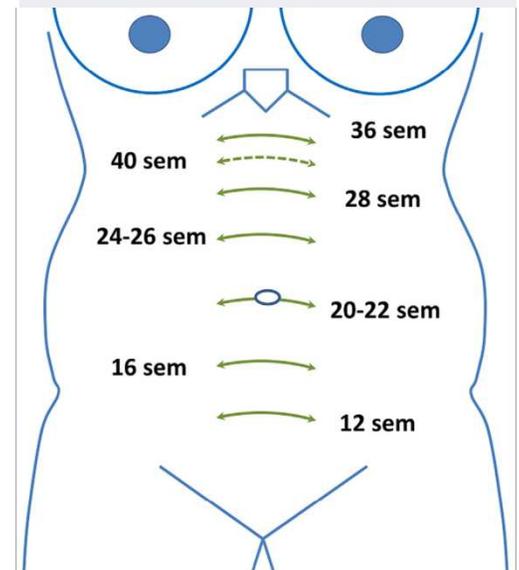
*Cambio en tamaño de campo y ángulo*

*Uso de fotones con Energía < 10 MV para evitar cualquier posible producción de neutrones*

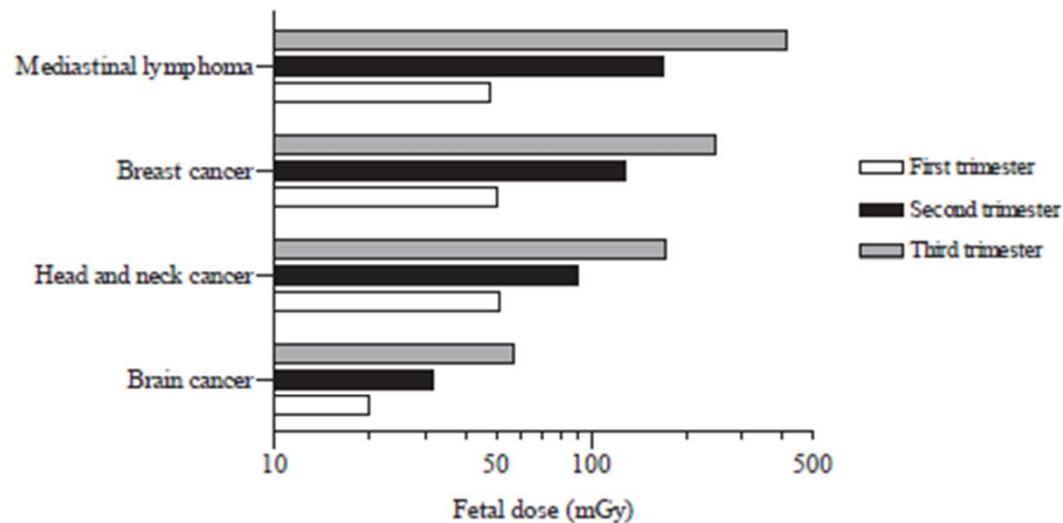
Control del tamaño y crecimiento fetal a lo largo del tratamiento con reevaluación de dosis.

Al finalizar el tratamiento, documentación del rango de dosis recibido por el feto. Mantenimiento de los registros por varios años.

Un blindaje adicional puede reducir la dosis fetal un 50%, sin embargo el peso puede exceder los límites de diseño de las camillas de tratamiento



El factor más importante para la dosis fetal es la distancia desde el borde del campo. La dosis disminuye en forma aproximadamente exponencial con la distancia



**Fig. 1.** Fetal dose from radiotherapy for brain tumors, head and neck cancer, breast carcinoma and mediastinal Hodgkin lymphoma during the entire pregnancy. The dose values at the second and third trimesters of gestation correspond to that received by the upper fetal level. Data were obtained from previous published reports [7,18,19].



## ► Cáncer durante el embarazo

La respuesta a los padres sobre el riesgo de resultados adversos después de quimio o radioterapia es difícil dado que **no hay alto grado de evidencias para todo el período de gestación y hay datos limitados sobre potenciales efectos a largo plazo por exposición “in útero”**.

El rol de la radioterapia en el embarazo, con las nuevas tecnologías, necesita precaución. Los datos clínicos son muy limitados comenzando en los 1990's



## Limite de dosis

---

**NO SE APLICAN LÍMITES DE DOSIS FETAL EN EL CASO DE PRÁCTICAS MÉDICAS EFECTUADAS EN MUJERES **GESTANTES****

**EN CAMBIO SÍ EXISTEN LÍMITES DE DOSIS FETAL RECOMENDADOS PARA EL CASO DE LAS TRABAJADORAS OCUPACIONALMENTE EXPUESTAS**



## ▶ Limite de dosis

---

**Trabajadores ocupacionalmente expuestos.**

**20 mSv/año promediados a lo largo de períodos de 5 años.**

**En el caso de la trabajadora gestante, el **embrión/feto** se considera miembro del público.**

**2 mSv en la superficie del abdomen o 1mSv en el feto** (desde la notificación del embarazo hasta el final de la gestación).

*Las mujeres, aun cuando estén expuestas a niveles muy bajos de radiaciones ionizantes, imaginan que existe un riesgo de malformaciones mucho mayor.....*

Con excepción de la radioterapia en abdomen y pelvis y eventuales accidentes de importancia, la magnitud de los efectos que puedan ocurrir debido a la irradiación médica es generalmente pequeña, en comparación con la incidencia normal de otros problemas durante el embarazo

•Aborto espontáneo	> 15%
•Incidencia de anomalías genéticas	4-10%
•Retraso intrauterino de crecimiento	4%
•CI menor a 70	3%



## COMPARACION DE RIESGOS DURANTE LA VIDA PRENATAL

(Adaptado de F.A. Mettler y A.C. Upton, "Medical Effects of Ionizing Radiation")

NOXA	EFEECTO	RIESGO
Infecciones virales maternas	Anomalías esqueléticas y/o cardíacas, cataratas	> 50 %
Tabaquismo materno	Recién nacido de bajo peso	20 %
Consumo de alcohol	Recién nacido de bajo peso	10 a 20 %
Alcoholismo crónico	Recién nacido de bajo peso, disfunción cerebral	50 %
Edad materna > 39 años	Síndrome de Down	1,5 %
Causa desconocida	Aborto espontáneo (incidencia natural)	20 a 50 %
Causa desconocida	Malformaciones congénitas	6 a 10 %
Causa desconocida	Retraso mental IQ < 70 (incidencia natural)	3 %
200 mSv entre las semanas 8 y 15 e.g.	Retraso mental	8 %
200 mSv entre las semanas 16 y 25 e.g.	Retraso mental	2 %
Causa desconocida	Incidencia espontánea de tumores pediátricos	0.3 %
10 mSv "in utero"	Leucemia infantil	0,03 %
10 mSv "in utero"	Tumores sólidos pediátricos	0,03 %

# Donde encontrar información

## **EMBARAZO E IRRADIACIÓN MÉDICA**

PUBLICACIÓN ICRP-84

**ICRP**

COMISIÓN INTERNACIONAL  
DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



Sociedad Española de  
Protección Radiológica



Sociedad Argentina de  
Radioprotección

Volume 33 No. 1-2 2003

ISSN 008-044-285X

# ICRP

## Annals of the ICRP

ICRP Publication 90

Biological Effects after Prenatal Irradiation  
(Embryo and Fetus)



Pergamon



IAEA

# Radiation Protection of Patients (RPOP)

Search RPOP:

Home Information for Additional Resources **Special Groups** Member Area About

Information for

Health Professionals

Member States

Patients

Member Area

- Member States Area
- Drafts Management Area

Home

## Pregnant Women



[Pregnancy and Radiation Protection in Diagnostic Radiology](#)

[Pregnancy and Radiation Protection in Radiotherapy](#)

[Pregnancy and Radiation Protection in Nuclear Medicine](#)

News Events Glossary Contact Us Sitemap

# Muchas Gracias

[ddubner@arn.gob.ar](mailto:ddubner@arn.gob.ar)

Autoridad Regulatoria Nuclear

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ARGENTINA  
Tel.: (+54) (011) 6323-1770  
Fax: (+54) (011) 6323-1771/1798

[http:// www.arn.gob.ar](http://www.arn.gob.ar)  
Mail: [info@arn.gob.ar](mailto:info@arn.gob.ar)

