



# “INFLUENCIA DEL ACCIDENTE DE CHERNOBYL EN LA SALUD ORAL”

***TRABAJO FIN DE GRADO***

***REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA  
2016 / 2017***

***AUTOR: Khrystyna Lyakhovych***

***TUTOR: Teresa Aznar Martín***

***COTURORA: Antonia Domínguez Reyes***



**Medalla y  
Encomienda Orden Civil  
de Sanidad**

**Departamento de Estomatología  
Facultad de Odontología**

Dra. Teresa Aznar Martín, Profesora Colaboradora adscrita al Departamento de Estomatología, como Directora del Trabajo de Fin de Grado y Dra. Antonia Domínguez Reyes, Profesora Titular adscrita al Departamento de Estomatología, como Cotutora del Trabajo de Fin de Grado.

**CERTIFICAN:** Que el presente trabajo titulado “INFLUENCIA DEL ACCIDENTE DE CHERNOBYL EN LA SALUD ORAL” ha sido realizado por Khrystyna Lyakhovych bajo nuestra dirección y cumple a nuestro juicio, todos los requisitos necesarios para ser presentado y defendido como Trabajo de Fin de Grado.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firmamos el presente certificado, en Sevilla a día 4 de septiembre de 2017.

Tutora: D<sup>a</sup> Teresa Aznar Martín

Cotutora: D<sup>a</sup> Antonia Domínguez Reyes



## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría darles las gracias a todos los que conforman mi círculo familiar y de amistad, porque siempre han estado interesados en este camino, dispuestos a ayudarme en todo y compartir mis alegrías y tristezas. En primer lugar, a mis padres por creer en mí desde que supe que este era mi sueño y siempre darme los “empujoncitos” en los momentos difíciles. A mi hermana, que es mi mayor cómplice y mi alegría. A mis primas, Natalia y Oksana por estar siempre disponibles para mí y ayudarme a superar cualquier obstáculo. A Adrián por ser mi mayor ayuda y apoyo en este trabajo y último año

A los macarenos, por ser una familia y a los amigos y compañeros de la facultad por esta increíble promoción 2012-2017.

Darles las gracias a Teresa Aznar Martín y Antonia Domínguez Reyes por haber aceptado ser mi tutora y cotutora, por guiarme en este trabajo y poder contar con su dedicación en cualquier momento.

Gracias a Dios, por no rendirme nunca.

# ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1 Radiactividad.....	3
2.1.1 Fuentes de exposición a la radiación.....	3
2.1.2 Escala INES.....	5
2.1.3 Tipos de exposición a la radiación.....	7
2.1.4 Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre el organismo.....	7
2.1.5 Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la cavidad oral.....	10
2.2 Accidente nuclear de Chernobyl.....	11
3. OBJETIVOS.....	13
4. MATERIAL Y MÉTODO.....	14
5. RESULTADOS.....	18
6. DISCUSIÓN.....	22
7. CONCLUSIÓN.....	27
8. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	28

## 1. RESUMEN

**Objetivo:** Revisar la literatura existente de los últimos dieciséis años para saber cómo han influido las radiaciones ionizantes tras el accidente de Chernobyl en la salud oral, si ha habido un aumento de enfermedades bucales dependientes de la radiación y averiguar cuáles son los grupos de personas más radiosensibles.

**Material y métodos:** Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de PubMed, Google Scholar y Elibrary.ru de acuerdo a las palabras clave utilizando los términos MESH: Chernobyl AND (oral OR dental OR mouth), (nuclear accident OR Chernobyl) AND dentistry, Chernobyl AND (oral OR dental OR mouth) spectroscopy, Чернобыль и стоматология, Чернобыль каріес.

**Resultados:** Fueron encontrados un total de 288 artículos y mediante los criterios de inclusión y exclusión fueron seleccionados 13 artículos que cumplían los objetivos del trabajo.

**Conclusión:** Hay una relación entre la prevalencia de enfermedades bucales y la dosis de radiación. Los grupos más radiosensibles son los niños expuestos intraútero o durante su desarrollo maxilodental. La radiación aumenta la prevalencia y la incidencia de caries, de enfermedad periodontal y de anomalías dentales. Los tejidos duros disminuyen su resistencia por unos cambios histo-morfológicos que sufren. Posible papel en la patogénesis es la respuesta del sistema inmune.

**Palabras Clave:** Chernobyl, accidente nuclear, radiaciones ionizantes, efectos orales, efectos bucales, efectos dentales, anomalías dentales.

## ABSTRACT

**Objective:** Review the literature of the past sixteen years to find out how Chernobyl ionizing radiation has influenced oral health, whether there has been an increase in radiation-dependent oral diseases, and to find out which groups of people are the most radiosensitive.

**Material and methodology:** A bibliographic search was performed in the PubMed, Google Scholar and Elibrary.ru databases according to the keywords using the terms MESH: Chernobyl AND (oral OR dental OR mouth), (nuclear accident OR Chernobyl) AND dentistry, Chernobyl AND (oral OR dental OR mouth) spectroscopy, Чернобыль и стоматология, Чернобыль каріес.

**Results:** A total of 288 articles were found and through the inclusion and exclusion criteria, 13 articles were selected that fulfilled the objectives of the study.

**Conclusion:** There is a relationship between the prevalence of oral diseases and the dose of radiation. . The most radiosensitive groups are the children exposed intrauterine or during their maxillofacial development. Radiation increases the prevalence and incidence of tooth decay, periodontal disease and dental anomalies. Hard tissues decrease their resistance by some histo-morphological changes that suffer. Possible role in pathogenesis is the immune system's response.

**Keywords:** Chernobyl, nuclear accident, ionizing radiation, oral effects, mouth effects, dental effects, dental anomalies.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 Radiactividad

*La radiactividad* es una reacción nuclear de desintegración espontánea de un nucléido inestable en otro más estable, emitiendo energía en forma de partículas (alfa, beta, neutrón) o radiaciones (gamma, captura K) o ambas a la vez. La energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. (1)

*La radiación ionizante* es aquella radiación que tiene suficiente energía para ionizar o romper moléculas de importancia biológica. La acción biológica de las radiaciones resulta de la transferencia de energía al interaccionar la radiación con la materia. (1,2)

Los efectos de la radiación pueden ser directos, cuando la radiación afecta a la molécula o la rompe en una zona esencial para su funcionamiento. Este tipo de daño es casual e improbable. Pero también, los efectos pueden ser indirectos, mediante la ionización o excitación de la materia de los alrededores creando compuestos químicos intermediarios activos que pueden dañar las moléculas de interés biológico. (2)

#### 2.1.1. Fuentes de exposición a la radiación

El origen de las fuentes de exposición son de dos tipos:

##### A. Fuentes de origen natural

- De origen cósmico:
  - Rayos cósmicos: constituidas principalmente de protones y también de partículas secundarias como núcleos atómicos, fotones, neutrones y electrones. La exposición a este tipo de radiación crece con la altitud. (3,4)

- Radionucleidos cosmogénicos: los rayos cósmicos producen radionucleidos cosmogénicos en la atmósfera. Los más destacados son el tritio y el carbono 14. (3,4)
- De origen terrestre
  - Radionucleidos primordiales y sus derivados: hoy en día permanecen los radionucleidos primordiales porque sus periodos de semidesintegración son comparables con la edad de la Tierra. El uranio y el torio son los que más radioisótopos descendientes contienen en la naturaleza. Su distribución es:
    - Homogénea: para los elementos ligeros. (3,4)
    - Heterogénea: para los elementos pesados (uranio y torio). (3,4)
  - Radiactividad natural de las rocas, los suelos y el aire: si la corteza terrestre no se ha modificado, el radio emite un radón, gas radiactivo, que se transfiere a la atmósfera. Los descendientes de período corto del radón forman los aerosoles radiactivos naturales y los últimos descendientes de la desintegración, se depositan en el suelo y la vegetación. (3)

## B. Fuentes de origen artificial

La energía artificial es aquella producida por el hombre en diversos ámbitos: medicina, industria, pruebas de armas nucleares, minería y accidentes nucleares. (3)

- Origen militar. Lluvia radiactiva: las armas nucleares han producido enormes cantidades de material radiactivo que se dispersa en el medio ambiente en forma de lluvia radiactiva. Los más destacados en la actualidad son el estroncio 90 y el cesio 137. Su período de semidesintegración es de unos 30 años. (3,4)
- Residuos de la industria nuclear: tanto residuos líquidos como gaseosos. (4)
- Origen médico: la utilización de los rayos X ha aumentado tanto cualitativa como cuantitativamente. (3,4).

- Accidentes nucleares: emisión involuntaria y accidental de material radiactivo que perjudica a la salud pública. (3,4)

“**Accidente nuclear** es un evento que ha tenido importantes consecuencias para las personas, el ambiente o las instalaciones: incluyen efectos letales para los individuos, grandes liberaciones radioactivas al ambiente y fusión del núcleo de un reactor”, según la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) (10)

AIEA define la **catástrofe** como un suceso que ocurre de forma inesperada, repentina, eventual e imprevista que perjudica a un grupo de personas. (10)

### 2.1.2. Escala INES

La Escala Internacional de los Accidentes Nucleares y Radiológicos (INES) (ver figura 1) mide el nivel de radiación que se desprende tras un accidente nuclear. Le da un valor de 1-7, los valores iguales o superiores a 4 se consideran accidentes y los valores por debajo de 4 se consideran como incidentes. (10,11)

Un accidente nuclear libera 3 tipos de energía (10):

- Explosión (50%): provocando edemas, fracturas, roturas.
- Calor (35%): cursando con quemaduras.
- Radiación (15%): causando síndrome de radiación aguda y efectos a corto y largo plazo como son los cánceres y anomalías.



Figura 1: Escala Internacional de los Accidentes Nucleares y Radiológicos (INES) (11)

Accidentes nucleares más importantes

El accidente nuclear no sólo ocurrió en Ucrania, si no en otras partes del mundo también:

<u>LUGAR</u>	<u>FECHA</u>	<u>CLASIFICACIÓN INES</u>
Fukushima, Japón	11/03/2011	7
Chernóbyl, Ucrania	26/04/1986	7
ThreeMile Island, EEUU	28/03/1958	5
Kyshtym, Unión Soviética	29/09/1957	6
Winscale, Gran Bretaña	10/10/1957	5

Tabla 2: Principales accidentes nucleares. (10)

### 2.1.3. Tipos de exposición a la radiación ionizante

Se pueden distinguir dos tipos de exposición:

- A. Irradiación: el sujeto está expuesto a la radiación pero el material radiactivo no está presente ni en el exterior ni en el interior al cuerpo.(5)
- B. Contaminación:
  - Externa: la sustancia radiactiva está depositado en la piel o en las mucosas. (5)
  - Interna: el elemento radiactivo ha penetrado en el organismo por vía inhalatoria, digestiva o por una solución de continuidad. (5)

### 2.1.4 Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre el organismo

Existen dos tipos:

- A. Efectos deterministas: surgen cuando se sobrepasa la dosis umbral. Son efectos precoces que aparecen en unos meses y su gravedad es proporcional con la dosis recibida. (1,5,6)
- B. Efectos estocásticos: son efectos que aparecen al azar, depende de la susceptibilidad del individuo, son independientes de la dosis recibida. Son efectos tardíos y permanecen varios años sin manifestarse. Un ejemplo son los cánceres. (1,5,6)

Entendemos como dosis física de una radiación ionizante a la energía de radiación absorbida por unidad de volumen de los tejidos irradiados. Su unidad es el Gray (Gy) o el rad. (2)

$$\text{Gy} = \text{J kg}^{-1}$$

$$\text{rad} = 10^{-2} \text{ J kg}^{-1} \quad (2)$$

Esta dosis física depende de tres factores: número de desintegraciones por segundo, tiempo de exposición, energía de la radiación. (2)

Con la misma cantidad de energía no se obtienen siempre los mismos efectos biológicos, porque estos dependen también del tipo de radiación. Así, la dosis física no nos da una idea clara sobre los efectos, por lo tanto, para saber que dosimetría informa de las implicaciones biológicas se toma como patrón los rayos X de 250 keV de energía. Éste patrón define la eficacia biológica relativa (EBR) de las demás radiaciones. (2)

La dosimetría biológica es la dosimetría física multiplicada por este patrón y su unidad es Sievert (Sv). (2)

$$1 \text{ Sv} = \text{EBR} \times 1 \text{ Gy} \quad \text{con EBR} = 1 \quad (2)$$

También, los efectos biológicos dependen de: el tiempo de administración de la dosis o la existencia de radiosensibilizadores o radioprotectores. (2)

La dosimetría permite calcular la energía de radiación (1) para:

- Cuantificar la dosis de energía recibida por los pacientes en los exámenes radiológicos.
- En los tratamientos con radioterapia estimar la cantidad de energía absorbida por los tejidos tumorales y sanos.
- Personas que por su profesión están expuestos a las radiaciones ionizantes.
- Radioprotección individual o colectiva.

Al exponerse a una irradiación aguda y homogénea de todo el cuerpo, el cuadro clínico dependerá de la destrucción de las variedades celulares más sensibles a la radiación, las células madre de la médula ósea, cuya destrucción da lugar a la desaparición de las células de la sangre, y las células madre de la mucosa intestinal, cuya destrucción da lugar a la necrosis del intestino. La intensidad de la irradiación y la duración de vida de cada variedad celular (por ejemplo, células que viven pocos días, como las formadoras de glóbulos rojos en la médula ósea, o las que recubren las paredes del intestino, mientras que otras células, como las nerviosas, pueden acompañar al individuo toda su vida) juegan un papel importante en el momento de aparición de los síntomas. La recuperación dependerá de la posibilidad de recibir los tratamientos adecuados como las

transfusiones, conservación del equilibrio hidroelectrolítico, protección contra las infecciones o trasplante de médula ósea. (4)

Así vemos que con:

- Dosis de más de 10 Gy. La muerte es asegurada cualquiera fuese el tratamiento aplicado. Se desarrollan la forma gastrointestinal, cardiovascular y neurológica. (4)

- Dosis de 6 a 10 Gy. Las náuseas y los vómitos aparecen a la media hora de la exposición. La mayoría presenta diarrea a la 1-2 horas. Grado extremadamente severo de la forma hemopoyética. Los niveles bajos de neutrófilos y de plaquetas se detectan a los 10-14 días. Sin tratamiento la muerte es 100% por la asociación entre la insuficiencia hemopoyética y lesiones en otros órganos, como el pulmón y el tracto gastrointestinal. Con un tratamiento adecuado y temprano, existe la posibilidad de recuperarse. (4)

- Dosis de 4 a 6 Gy. Las náuseas y los vómitos aparecen a las 0,5-1 hora. Grado severo de la forma hemopoyética. Los valores más bajos de neutrófilos y de plaquetas aparecen en 2-3 semanas, acompañados de fiebre y eritema en la piel y en las mucosas. Con el tratamiento de sostén la mayoría de los expuestos pueden recuperarse. Sin tratamiento suelen morir de las infecciones y hemorragias. (4)

- Dosis de 2 a 4 Gy. La mayoría presenta náuseas y vómitos en las primeras horas. Grado moderado de la forma hemopoyética. Los neutrófilos y las plaquetas alcanzan dosis muy bajas en 3-4 semanas, con fiebre y hemorragia. Los pacientes se pueden recuperar con el tratamiento (4)

- Dosis de 1 a 2 Gy. Suelen presentar náuseas y vómitos en las primeras horas. Grado leve de la forma hemopoyética con disminución a las 6-8 semanas de granulocitos neutrófilos y plaquetas. Se debe vigilar aunque la mayoría se recupera sin tratamiento. (4)

- Dosis 0,25-1 Gy. No hay síntomas, se detectan aberraciones cromosómicas en linfocitos. Hay una disminución de linfocitos y a veces, disminución del número de las plaquetas. (4)

- Dosis inferiores a 0,25 Gy no hay manifestaciones clínicas. Puede haber un aumento en la frecuencia de las aberraciones cromosómicas en linfocitos. (4)

### **2.1.5. Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la cavidad oral**

En cuanto a los efectos de la radiación ionizante en la salud oral podemos ver que esta puede provocar cambios en la estructura de las glándulas salivales afectando las propiedades de la saliva, cambios en la microflora oral con la consiguientes mucositis oral y alteraciones de los tejidos duros dando lugar al desarrollo de caries. (7)

En la cavidad oral se presentan síntomas de tipo agudo como xerostomía, mucositis y mayor riesgo de infecciones de la mucosa y síntomas de tipo tardío, como alteración de la vascularización de hueso y mucosa, daño de las glándulas salivales y disminución celular en el tejido conectivo. (9)

En cuanto a las glándulas salivales: son los tejidos más radiosensibles de la cavidad oral. Inmediatamente, comienza la fibrosis y atrofia glandular dando lugar a la xerostomía. Con 20 Gy se puede perder hasta 80% de flujo salival y con dosis de 30 Gy esta pérdida puede ser permanente. Como consecuencia de la disminución de la saliva, cambia la microbiota oral, aumentando los microorganismos acidogénicos. Otros efectos son la alteración de la microflora oral por aumento de la viscosidad de la saliva y cambios en sus propiedades antibacterianas. El pH salival baja y se vuelve más ácido provocando la desmineralización de esmalte y dentina. Es muy frecuente, también, observar infecciones orales como *Cándida Albicans*. (7,8)

Con 2 Gy/día aparece a las dos semanas la mucositis oral que cursa con dolor, disfagia, disgeusia y odinofagia. Como resultado hay una disminución significativa de peso. (7,8, 9)

Como consecuencia de todos los efectos anteriores aparece caries. Las zonas típicas de caries por radiación son la unión esmalte-dentina, cúspides, zona incisal y un cambio en la matriz mineral provoca la disminución de la dureza de los tejidos y, también, un cambio en la parte orgánica, dando lugar a la destrucción de la cadena de colágeno de la dentina y del cemento. (13) Así, la irradiación provoca caries en los dientes adultos,

mientras que en los dientes en desarrollo provoca alteraciones permanentes, agenesia dental, microdoncia, taurodontismo, impactación, maloclusiones, hipoplasia, caries, hipocalcificación, raíces cortas, desarrollo tardío. (7,8)

El riesgo de sufrir una osteoradionecrosis está relacionada con la dosis recibida. Los tejidos periodontales con dosis media de 50-60Gy se vuelven más hipovasculares, hipocelulares e hipóxicos, afectando al hueso. Esto incrementa el riesgo de la enfermedad periodontal y daña la capacidad de remodelación y reparación ósea. (7,9)

## **2.2. Accidente nuclear de Chernobyl**

El accidente de Chernobyl se considera como el accidente nuclear más grave de la historia y como el mayor desastre medioambiental de la historia, junto con el accidente nuclear de Fukushima I en Japón en 2011, alcanzando el nivel 7, según la escala INES. (10)

Sucedió en Ucrania, el 26 de abril de 1986, al lado de la ciudad de Prypyat, que se encuentra a 18 km de la ciudad de Chernobyl, a 16 km de la frontera con Bielorrusia y a 110km de Kiev. (12)

Ocurrió una explosión del reactor de cuarto bloque de la central nuclear durante una prueba. Se simuló un corte de suministro eléctrico y el repentino aumento de potencia en el reactor 4 sobrecalentó el núcleo del reactor nuclear lo que dio lugar al estallido del hidrógeno acumulado en el interior. Con esta prueba se pretendía aumentar la seguridad del reactor, analizando durante cuánto tiempo la turbina de vapor seguiría generando energía eléctrica al cortar la afluencia del vapor. (11)

Como consecuencia, en los primeros 10 días se liberaron 1900 PBq de radionucleidos, de los cuáles los más importantes fueron, 270 PBq de I-131, 8,1 de Sr-90, 37 PBq de Cs-137. (10)

La unidad 4 es ahora un sarcófago con un sellado permanente de acero y hormigón encerrando todo el reactor. (10)

Los escapes radiológicos se dispersaron en forma de lluvia radiactiva en dirección al norte, al oeste y suroeste, llegando a Reino Unido, EE.UU., Canadá, Japón y China. (10)

El mayor riesgo fue la irradiación externa por la deposición superficial y la ingestión de alimentos contaminados. (10)

### 3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica que nos permita analizar las posibles influencias de las radiaciones ionizantes en la salud oral y las manifestaciones orales ocurridas tras el accidente de Chernobyl.

Cómo objetivos específicos:

- Valorar la posible relación de la prevalencia de las enfermedades bucales y el grado de contaminación.
- Valorar la radiosensibilidad según el grupo poblacional.
- Valorar la influencia de la radiación en el desarrollo de la caries
- Valorar la influencia de la radiación en el desarrollo de la enfermedad periodontal.
- Valoración de las posibles alteraciones morfo- histológicas de los tejidos duros dentarios.

## 4. MATERIAL Y MÉTODO

Para realizar este trabajo se usaron las bases de datos PubMed, Google Scholar, Elibrary.ru, cuyas estrategias de búsqueda se detallan a continuación.

La metodología para la identificación de artículos en los que se relacionara la patología oral por exposición a la radiación tras el accidente nuclear de Chernobyl se llevó a cabo una amplia estrategia de búsqueda.

La técnica de análisis empleada es la observación, que es un procedimiento de recopilación de datos e información que utiliza los sentidos para observar hechos y realidades presentes.

Se realizaron varias búsquedas en PubMed utilizando los términos “MESH”: “nuclear accident”, “Chernobyl nuclear accident”, “Chernobyl”, “ionizing irradiation”, “radiation exposure”, “oral effects”, “mouth effects”, “teeth effects”, “dental anomalies” y haciendo las distintas combinaciones con los términos booleanos AND y OR.

Consideramos como **criterios de inclusión:**

- Idiomas: ucraniano, ruso, español e inglés
- Fecha de publicación: los últimos 16 años
- Estudios realizados en humanos.
- Estudios realizados en Chernobyl.
- Disponibilidad del texto: texto completo

Consideramos como **criterios de exclusión:**

- Idiomas distintos a los anteriores.
- Fecha de publicación anterior a los últimos 16 años
- Estudios realizados en animales
- Estudios realizados de otras catástrofes nucleares

Se realizó una primera búsqueda en la base de datos de PubMed combinando Los términos MESH:

BÚSQUEDAS	ENCONTRADOS	SELECCIONADOS
<b>Chernobyl AND (oral OR dental OR mouth)</b>	37	3
<b>(nuclear accident OR Chernobyl) AND dentistry</b>	9	1

Tabla 1: Resumen de la búsqueda realizada en la base de datos de PubMed.

Utilizando las dos estrategias de búsqueda se obtuvieron artículos repetidos, sumando también, la escasez de estos en el PubMed hizo necesario recurrir al buscador académico Google Scholar.

Se llevó a cabo una segunda búsqueda en la base de datos de Scholar. Esta búsqueda dio 16.000 resultados de artículos y para poder delimitar más la búsqueda se ha añadido otra palabra clave “spectroscopy”.

BÚSQUEDAS	ENCONTRADOS	SELECCIONADOS
<b>Chernobyl AND (oral OR dental OR mouth) AND spectroscopy</b>	60	4

Tabla 2: Resumen de la búsqueda realizada en la base de datos de Scholar.

Como la base de datos de Google Scholar incluye artículos ucranianos y rusos, se realizó una tercera búsqueda en el Google Scholar utilizando estrategias de búsqueda: “Chernobyl y estomatología”, “Chernobyl y caries” en ucraniano y en ruso.

Búsquedas	Encontrados	Seleccionados
“Чернобыль и стоматология”	151	2
“Чернобыль кариес”	31	2

Tabla 3: Resumen de la búsqueda realizada en la base de datos de Scholar.

Uno de los artículos de la búsqueda “Чернобыль и стоматология” llevó a la base de datos Elibrary.ru, dónde se seleccionaron dos artículos de casos y controles que trataban sobre el estado y las anomalías maxilodentales en niños que han sufrido exposición a la radiación tras el accidente.

	PubMed/Scholar/Elibrary.ru	Seleccionados
Meta análisis	9	0
Revisión sistemática	23	1
Estudios randomizados	0	0
Ensayos clínicos	72	4
Estudios de cohortes	147	7
Estudios de casos y controles	30	1
Estudios de series de casos	7	0

Tabla 4: Resumen de las búsquedas por niveles de evidencia

Las fuentes consultadas fueron:

Revistas:

- Spectroscopy
- Journal of Environmental Radioactivity
- Microchemical journal
- Science Direct

- Research Gate
- Stomatologiia
- Annals of the New York Academy of Sciences
- Community Dentistry and Oral Epidemiology
- Экологическая педиатрия
- Российский вестник перинатологии и педиатрии
- МедиаСфера
- Медицинские Диссертации
- Радиоэкология
- Клінічна стоматологія

#### Libros:

Para el desarrollo de la introducción también se usaron libros sobre biofísica:

Aurengo A, Petitclerc T, Grémy F. “Biofísica”. Editorial McGraw-Hill Interamericana 3<sup>a</sup> ed. 2008), Galle P, Paulin R. “Biofísica: Radiobiología, radiopatología”. Editorial Masson (2003), Jou Mirabent D, Pérez García C, LLebot Rabagliati JE. Física para ciencias de la vida. Madrid etc.: McGraw-Hill; 2002.

## 5. RESULTADOS DE LA REVISIÓN

Aplicando los criterios de inclusión/ exclusión fueron seleccionados 13 artículos.

Revista	Autor	Título	Conclusión
МедиаСфера / 2001 (22)	Панкратова Н.В. y cols.	Аномалии зубочелюстной системы и состояние функции жевания у детей, подвергшихся радиационному воздействию.	Se ha comprobado que los niños nacidos después del accidente de Chernobyl han sufrido más problemas de oclusión (maloclusiones).
МедиаСфера / 2001 (23)	Севбитов А.В. y cols.	Состояние зубочелюстной системы у детей; облученных внутриутробно.	Se ha hecho un análisis para saber la prevalencia de las anomalías maxilodentales en 134 niños nacidos en el 1987. Se ha visto un aumento significativo del número de trastornos maxilodentales de 1,5-2,0 veces.
Stomatologiia (Mosk) /2004 (17)	Sevbitov A.V.	Remote Effects of the Chernobyl accident: evaluation of the maxillo dental status of the children	Se ha hecho un estudio de cohortes entre los niños que han estado expuestos al factor de Chernobyl y el grupo control. Hay un aumento en la incidencia de anomalías dentales en los niños cuyos padres han participado en las secuelas del accidente de 240,09%.
Community Dentistry and Oral Epidemiology / 2004 (21)	Spivak K, y et.	Caries prevalence, oral health behavior, and attitudes in children residing in radiation-contaminated and – non contaminated towns in Ukraine	Estudio formado por dos grupos de niños, uno residente en zonas contaminadas por radiación, y otro, residente en zonas limpias de radiación. Se ha observado una mayor prevalencia de caries en niños de territorios contaminados no explicados por otros factores como el conocimiento y actitud del cuidado dental.

Медицинские Диссертации / 2005 (24)	Скатова Е.А	Влияние пролонгированного воздействия малых доз ионизирующего излучения на состояние органов полости рта у детей	Se ha determinado que la prevalencia y la intensidad de la caries dependen de la edad de los pacientes en el momento del accidente. Las principales diferencias se han visto en niños cuyo desarrollo de los elementos básicos del sistema maxilodental fue en el momento post Chernobyl.
Spectroscopy / 2008 (13)	Darchuk , L. A. y cols.	Infrared investigation of hard human teeth tissues exposed to various doses of ionizing radiation from the 1986 Chernobyl accident.	Se aplicó la espectroscopía infrarroja a los dientes de los trabajadores que han recibido dosis bajas (0,12-0,20 Gy) y dosis altas (0,5-1,7 Gy) de radiación ionizante después del accidente de Chernobyl para estudiar los cambios de los tejidos duros de los dientes. Se observaron cambios en la matriz orgánica e inorgánica tanto para las dosis altas como bajas de radiación.
Annals of the New York Academy of Sciences /2009 (20)	Yablokov, A.V.	Non malignant diseases after the Chernobyl catastrophe	Los liquidadores de Chernobyl presentan alta prevalencia de enfermedad periodontal, osteoporosis difusa mandibular y adelgazamiento de la cortical mandibular. Niños de madres irradiadas refieren erupción prematura, enfermedad periodontal, caries, anomalías dentales y odontomas complejos.
Microchemical Journal /2011 (14)	Darchuk , L. A. y cols.	Structural features of human tooth tissues affected by high dose of external ionizing radiation after nuclear catastrophe of Chernobyl plant.	Se aplicó la espectroscopía micro-Raman a los dientes que han recibido dosis altas (0,5-1,7 Gy) de radiación después del accidente de Chernobyl, siendo este método más valioso e informativo. Se han visto cambios significativos en la matriz mineral del esmalte que disminuyó su dureza y la destrucción de la cadena de colágeno de la parte orgánica de dentina y cemento.

Радиоэкология / 2011 (25)	Балева Л.С. у cols.	Клинико иммунологические нарушения у детей различных когорт наблюдения, подвергшихся действию радиационного фактора различных этапах онтогенеза.	Se han visto particularidades en cuanto a las características del sistema inmune de los niños dependientes de la naturaleza del efecto de la radiación a largo plazo. Se determina un posible papel de estas particularidades en el desarrollo de patología somática crónica.
Клінічна стоматологія / 2011 (26)	Хоменко, Л. О. у cols.	Екологічні аспекти стоматологічних захворювань у дітей	Se ha hecho un análisis de la literatura para averiguar la prevalencia de caries y de enfermedad periodontal. Se ha visto que los niños que viven en territorios contaminados por radiación presentan alta prevalencia e intensidad de caries, enfermedad periodontal y de la mucosa bucodental.
Research Gate /2012 (16)	Darchuk, L. A. у cols.	Molecular Spectroscopy Study of Human Tooth Tissues Affected by High Dose of External Ionizing Radiation (Caused by Nuclear Catastrophe of Chernobyl Plant).	El análisis con la espectroscopía, infrarroja y micro-Raman, han mostrado cambios en la matriz mineral del esmalte y de la dentina y cambios en la estructura orgánica de los tejidos dentales. La espectroscopía Raman dió más detalles de los efectos patológicos de la radiación en los tejidos dentales.
Экологическая педиатрия /2012 (19)	Yablokova, N.A. у cols.	Role of radiation factor in pediatric dental morbidity	Se analizan los cambios que ocurren en los tejidos de los dientes y la mucosa oral por exposición a largo plazo de la radiación y sobre posibles mecanismos patogénicos por los daños de órganos y tejidos por exposición crónica.

Science  Direct /2014 (15)	Maria, L. y cols.	Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth	Se evaluó, in vitro, los cambios en la microdureza del esmalte y de la dentina con dosis acumulativas de radiación ionizante hasta 60Gy y los cambios en la morfología del esmalte y de la dentina mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB o SEM). Se observó un aumento de la microdureza en la parte superficial del esmalte y la disminución de la microdureza en la dentina. En cuanto a los cambios morfológicos aumentaron con el aumento de la dosis tanto para esmalte como para la dentina.
-------------------------------------	-------------------------	---	--

Tabla5: Resultados de las búsquedas

## 6. DISCUSIÓN

Como resultado del accidente de Chernobyl se produjo una gran contaminación de los territorios por los radionucleidos. Un peligro particular son los radionucleidos de vida media larga teniendo un efecto continuo no sólo en las células de un órgano del cuerpo, sino en todo el organismo. Uno de los radionucleidos más peligrosos es CS-137, el cual se dispersa por todo el organismo de manera uniforme.

### **Radiosensibilidad**

Según las investigaciones, todos los autores de los 13 artículos, coinciden con que los grupos de población más radiosensibles son los liquidadores, que fue el nombre que se les dio a las personas que se ocuparon de minimizar las consecuencias del desastre nuclear, y los niños. Las patologías más frecuentes fueron anomalías dentales, caries y enfermedad periodontal.

### **Anomalías dentarias:**

En cuanto a la intensidad y prevalencia de anomalías maxilodentales, los autores coinciden en que los grupos más propensos a desarrollarlas son los niños y los liquidadores.

Панкратова y cols. (22) afirman que todos los niños nacidos después del accidente presentaban más prevalencia de problemas de oclusión y posición de los dientes inadecuada. Entre ellos huecos entre los dientes (diastemas y troneras), anomalía de posición individual de los dientes (sobre todo caninos e incisivos laterales), anomalías de las arcadas y maloclusiones verticales (sobremordida).

Севбитов (23), también afirma, que en los 134 niños inspeccionados que sufrieron exposición intrauterina, nacieron en el 1987 y residieron en territorios contaminados por

Cs 137, se ha visto que 89,6% de ellos presentan anomalías maxilodentales. Determinan que la frecuencia y la estructura de las anomalías están relacionadas con el grado de contaminación, ya que el número de anomalías aumentó 1,5-2,0 veces.

Las investigaciones de Sevbitov (17), confirman las anteriores, los niños que han vivido en territorios contaminados por Cs 137, niños expuestos a la radiación de manera intrauterina y niños nacidos de los liquidadores de Chernobyl presentan más prevalencia de anomalías maxilodentales. Los niños cuyos padres han sido liquidadores, presentan una prevalencia de anomalías dentales 240,09% más que el grupo control.

En los liquidadores se detectó un aumento de problemas dentales como abrasión dental patológica, defectos cuneiformes, erosión dental y fisuras del esmalte. (14, 16)

### **Caries:**

En lo referente a la caries, los autores Spivak y cols. (21), СКАТОВА (24) y ХОМЕНКО y cols. (26) afirman que los niños nacidos después del accidente de Chernobyl y los que residen en territorios contaminados presentan mayor prevalencia de caries.

Spivak y cols. (21) en su estudio analizó los dientes cariados, obturados y ausentes en los niños de 13-14 años tanto en los que habitan en zonas contaminadas por la radiación como en niños que viven en zonas limpias (grupo control). Se determinó que los niños de territorios contaminados presentaban una diferencia significativa en cuanto a las prevalencia de caries  $9,1 \pm 3,5$ , frente a  $5,7 \pm 1,4$  ( $p < 0,000$ ) de los niños libres de radiación. Estas diferencias no se explican por otros factores como la dieta cariogénica, el nivel socioeconómico, asistencia dental, higiene dental, no existiendo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a estos parámetros.

СКАТОВА (24) estudió la prevalencia y la intensidad de la caries en los niños dependiendo de la edad que tuvieron cuando se produjo el accidente y determinó que las diferencias se observan en los niños en los que el desarrollo de los elementos básicos del sistema dentoalveolar fue en el periodo post Chernobyl. Así, los niños que nacieron antes del accidente tenían una prevalencia de caries de 76,6% y los que nacieron después, 98,9% ( $p < 0,05$ ).

La investigación de Хоменко y et. 26) sobre el estado dental de 553 niños con edad comprendida entre 6-16 años que viven en Slavutyh (área contaminada por radiación). Han identificado alta prevalencia e intensidad de caries: en niños de 6 años de edad, fue de 98,5% y 5,52, en los encuestados de 12 años - 80,7 % y 4,30 respectivamente. La encuesta de 80 niños de la región de Zhytomyr (área contaminada), también mostró un alto nivel de caries dental. La prevalencia de caries entre los niños de 6 años de edad fue del 88,9% y una intensidad de 6,0. Entre los niños de 12 años de edad, estas cifras fueron 83,45% y 4,4, respectivamente. La caries tenía un curso predominantemente agudo, a menudo acompañado de complicaciones.

### **Enfermedad periodontal:**

Хоменко y cols. (26) también habla de que los niños que viven en zonas contaminadas presentan alta prevalencia de enfermedad periodontal y de la mucosa oral. En adolescentes de 15-16 años de edad, fue de 67 y 86%. Destacó la prevalencia de gingivitis crónica catarral y gingivitis crónica hipertrofica con tendencia al sangrado de las encías. En los niños examinados, también, hubo cambios en la mucosa de la boca y los labios: hepatitis angular (21%), lesiones herpéticas de los labios (5%), queilitis exfoliativa (0,7%), estomatitis aftosa recurrente crónica (1%). A menudo, se observaba hinchazón de la mucosa, cambio en su color, tono icterico (35%), hipertrofia de las papilas de la lengua, edema de la lengua, glositisdesquamativa (1%).

Los hombres expuestos al complejo de los factores del accidente de Chernobyl revelaron una correlación directa entre la severidad de la periodontitis y la dosis de radiación recibida, y con el nivel de ansiedad general, estrés somático y neurogénico. (27)

Los que sufrieron síndrome de radiación aguda o los que han estado crónicamente expuestos a la radiación mostraron una disminución de la formación ósea, dando lugar a osteopenia y periodontitis severa generalizada. (13, 16) Existe información, también, sobre el desarrollo temprano de osteoporosis en la población que reside en zonas contaminadas por radiación. (13)

### **Cambios histo-morfológicos:**

En las investigaciones de Darchuk (13, 14, 16) a lo largo de los distintos años de su estudio se describen los cambios estructurales y morfológicos que sufren los tejidos duros (esmalte, dentina y cemento) de los dientes de los trabajadores liquidadores que han sido expuestos a la radiación (dosis altas y dosis bajas) el primer año tras la catástrofe de Chernobyl. Según Darchuk y cols. (13), utilizando un método de espectroscopía infrarroja (IR), hay un aumento del contenido de carbonato, resultado de una falta de equilibrio entre las fases de carbonato y fosfato. También, hay un aumento de fosfatos solubles (pirofosfatos) que se eliminan con los líquidos intracelulares ocasionando una disminución del contenido mineral y que se vuelva más frágil. Los cambios en la parte orgánica los explica cómo, cambios de los aminoácidos del colágeno (prolina y oxiprolina). En el 2011, utilizó la espectroscopía micro Raman, mostrando que los cambios de la matriz orgánica son por la sustitución del ión fosfato con el ión carbonato y que tiene lugar la rotura de la simetría del cristal de hidroxiapatita. En cuanto a la parte orgánica, se producen transformaciones químicas de aminoácidos, rotura de enlaces peptídicos de colágeno y pérdida de nitrógeno en el colágeno. Se demuestra la sensibilidad a la radiación de la osteonectina (proteína no colágena). En el 2016, Darchuk (16) confirma sus investigaciones anteriores, afirmando que la espectroscopía micro Raman ha proporcionado más detalles acerca de los cambios patológicos. Los cambios en la matriz mineral son causados por la sustitución de ión fosfato con carbonato dando lugar a la falta de equilibrio de carbonato-fosfato. La rotura de la simetría de cristal de hidroxiapatita es por un aumento de los fosfatos amorfos provocando la disminución de la dureza de los tejidos. En cuanto a la parte orgánica, se confirma la investigación del 2011 con la espectroscopía micro Raman. Se ha visto que los huecos intercristalinos se rellenaban con tejido conectivo de baja diferenciación y este no pudo fijar los cristales de hidroxiapatita. Sin embargo, el estudio in vitro, Maria, L. y cols. (15) mediante el análisis con el microscopio electrónico de barrido, afirman que la radiación ionizante no afecta a la parte inorgánica del esmalte sino sólo a la orgánica, a la parte interprismática, que contiene agua y al reaccionar con el oxígeno radiactivo da lugar a radicales libres de agua y peróxido de hidrógeno que dañan la parte orgánica. En cuanto a la dentina, confirma la degradación de la estructura de colágeno y se observan fisuras y obliteración de los túbulos.

Por último, la mayoría de los investigadores, creen que el papel principal en la patogénesis de las enfermedades dentales es debido a la reducción del nivel de los factores inmunes locales de la protección de la cavidad oral - lisozimas, secreciones e inmunoglobulina A secretora del fluido oral. (18, 26, 27)

Según Pishak, V.P, y cols., Хоменко, Л. О., y cols., y Слабухіна, В.А., y cols. el sistema de inmunidad local hubo una disminución de la resistencia específica e inespecífica de la cavidad oral, manifestada por una disminución en la cantidad de lisozimas, inmunoglobulina A secretora, índice de neutrófilos fagocíticos, en el contexto de la actividad fagocítica inalterada de los neutrófilos del fluido oral. Desequilibrio del sistema inmunológico por el desbalance de las células inmunes, disminución de la actividad funcional del sistema inmunológico (aumento del número absoluto y relativo de linfocitos B, disminución de los niveles de inmunoglobulina G, de los complejos inmunes cíclicos). (18, 26, 27)

## 7. CONCLUSIONES

En respuesta a los objetivos planteados al principio del trabajo, tras realizar la revisión bibliográfica podemos concluir:

1. Existe una clara correlación directa de prevalencia e intensidad de las enfermedades dentales con el grado de contaminación por radionucleidos.
2. Se confirma que los grupos más sensibles a la radiación son los liquidadores y los niños que han sufrido exposición intraútero o en el momento del desarrollo maxilodental.
3. Se ha visto una mayor prevalencia e intensidad de caries.
4. Se ha visto una mayor prevalencia de enfermedad periodontal.
5. Hay un aumento de anomalías dentarias.
6. Hay cambios estructurales y morfológicos en el diente que disminuyen su resistencia.
7. Se cree que un papel importante en la patogénesis de las enfermedades bucales por radiación lo tiene la respuesta del sistema inmune.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aurengo A, Petitclercq T, Grémy F. Biofísica. 3ª ed. Madrid etc.: McGraw-Hill Interamericana; 2008.
2. Jou Mirabent D, Pérez García C, LLebot Rabagliati JE. Física para ciencias de la vida. Madrid etc.: McGraw-Hill; 2002.
3. Galle P, Paulin R, Biofísica: Radiobiología, Radiopatología.
4. RN Cherry Jr, AC Upton, GM Lodde, SW Porter Jr. Radiaciones ionizantes Riesgos generales.
5. Álvarez Leiva C, Sociedad Española de Medicina de Catástrofes. Asistencia sanitaria a múltiples víctimas y catástrofes. Sevilla: Fundación Samu; 2012. 4
6. Nejaim, Y., Faria Vasconcelos, K., Roque-Torres, G. D., Meneses-López, A., Norberto Bóscolo, F., y Haiter- Neto, F. (2015). Racionalización de la dosis de radiación. *Estomatol Herediana*, Jul-Set;25(3): 238-45
7. de Barros da Cunha SR, Ramos PAM, Nesrallah ACA, Parahyba CJ, Fregnani ER, Aranha ACC. The Effects of Ionizing Radiation on the Oral Cavity. *J Contemp Dent Pract* 2015; 16 (8): 679-687.
8. Gruber, S., Dörr, W., Tissue reactions to ionizing radiation-oral mucosa. *Mutation Research* 770 (2016) 292-298.
9. Annex J. J Exposures and effects of the Chernobyl accident. Kacper Samul; 2012
10. Aymerich, O. B., Miguel, J., Cordero, C., Carpio, G. N., & Umaña, G. N. (2013). Revisión repercusiones médico legales de los desastres nucleares, *30*(1), 45–61.
11. Beresford, N. A., Fesenko, S., Konoplev, A., Skuterud, L., Smith, J. T., & Voigt, G. (2016). Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? *Journal of Environmental Radioactivity*, *157*, 77–89.
12. Sapego, T. A., Fraga, L. L., Santaolalla, D. C., Vidal, A. G., Nieto, V., Sánchez, E. M., & Lebrón, T. A. (2006). Introducción.
13. Darchuk, L. A., Zaverbna, L. V, Bebeshko, V. G., Worobiec, A., Stefaniak, E. A., & Grieken, R. Van. (2008). Infrared investigation of

- hard human teeth tissues exposed to various doses of ionizing radiation from the 1986 Chernobyl accident, 22, 105–111.
14. Darchuk, L. A., Zaverbna, L. V., Worobiec, A., & Van Grieken, R. (2011). Structural features of human tooth tissues affected by high dose of external ionizing radiation after nuclear catastrophe of Chernobyl plant. *Microchemical Journal*, 97(2), 282–285.
  15. Maria, L., Gonc, N., Palma-dibb, R. G., Wanderley, F., Paula-silva, G., Francisco, H., Nelson-filho, P. (2014). ScienceDirect Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth, 2, 11–17.
  16. Darchuk, L. A., Zaverbna, L. V., Worobiec, A., & Grieken, R. Van. (2012). Molecular Spectroscopy Study of Human Tooth Tissues Affected by High Dose of External Ionizing Radiation (Caused by Nuclear Catastrophe of Chernobyl Plant).
  17. Sevbitov A.V. (2004). Stomatologiia (Mosk). Remote effects of the Chernobyl accident: evaluation of the maxillo dental status of the children, 1, 44-47.
  18. Pishak, V.P, Corokman,T.V, Zalyavskyy, V.D. (2006). Bukovynskiy Medical Journal. Педіатричні аспекти Чорнобильської катастрофи, Vol 10, №1, 4-6.
  19. Яблокова, Н. А., & Севбитов, А. В. (2012). Роль радиационного фактора в формировании стоматологической заболеваемости детского населения, 82–87.
  20. Yablokov AV. 5. Nonmalignant diseases after the Chernobyl catastrophe. *Ann N Y Acad Sci*. 2009 Nov; 1181:58-160.
  21. Spivak K, Hayes C, Maguire JH. Caries prevalence, oral health behavior, and attitudes in children residing in radiation-contaminated and -noncontaminated towns in ukraine. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2004 Feb;32(1):1-9
  22. Панкратова Н.В., Севбитов А.В., Скатова Е.А. Аномалии зубочелюстной системы и состояние функции жевания у детей, подвергшихся радиационному воздействию. В сб.: Здоровье детей и радиация: актуальные проблемы и решения. М: Медиа Сфера 2001; 56—58.
  23. Севбитов А.В., Панкратова Н.В., Скатова Е.А. Состояние зубочелюстной системы у детей; облученных внутриутробно. В сб.: Здоровье детей и радиация: актуальные проблемы и решения. М: Медиа Сфера 2001; 109—112.

24. Скатова Е.А. Влияние пролонгированного воздействия малых доз ионизирующего излучения на состояние органов полости рта у детей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М 2005; 24
25. Балева Л.С., Яковлева И.Н., Сипягина А.Е. и др. Клиникоиммунологические нарушения у детей различных когорт наблюдения, подвергшихся действию радиационного фактора на различных этапах онтогенеза. Радиационная биология. Радиоэкология 2011; 1: 7—19.
26. Хоменко, Л. О., Остапко, О. І., Дуда, О. В., Хоменко, Л. О., Остапко, А. И., & Дуда, О. В. (n.d.). Екологічні аспекти стоматологічних захворювань у дітей Экологические аспекты стоматологических заболеваний у детей Ecological aspects of stomatological diseases in children, 53–63.
27. Слабухіна, В.А., Клініка, діагностика і лікування пародонтиту у ліквідаторів наслідків аварії на Чорнобильській АЕС у віддалений період. Автореферат, 2001.