

Apps para estimar dosis de radiación en radiología médica y dental: una revisión descriptiva

Apps to estimate radiation doses in medical and dental radiology: a descriptive review

Jorge Homero Wilches-Visbal^{1§} , Midian Clara Castillo-Pedraza¹ , Andrés Felipe Hernández-Marulanda² 

¹Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias de la Salud. Santa Marta, Colombia.

jwilches@unimagdalena.edu.co, mcastillo@unimagdalena.edu.co

²Universidad San Buenaventura, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.

andres.hernandez@usbmed.edu.co

Recibido: 26 Octubre de 2022 / **Aprobado:** 9 mayo 2023

Cómo citar: Wilches-Visbal, J.H., Castillo-Pedraza, M.C., Hernández-Marulanda, A.F. Apps para estimar dosis de radiación en radiología médica y dental: una revisión descriptiva. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2) e-30312554. doi: <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.12554>

Resumen

Las aplicaciones (Apps) web o móviles han cobrado progresiva importancia como método de enseñanza-aprendizaje en educación médica, desde la masificación del internet y los teléfonos inteligentes. El objetivo de esta revisión es describir tres Apps, referenciadas en artículos científicos, que pueden utilizarse para estimar a priori la dosis de radiación y/o el riesgo de cáncer en estudios médico-dentales. Para tanto, se hizo una búsqueda bibliográfica en PubMed y Scielo, usando como palabras clave en español e inglés: radiación, dosis, efectos biológicos, educación médica, App, odontología, medicina. Se seleccionaron 61 artículos por ser de interés para la temática propuesta, con al el 50% de ellos, publicados en 2017 – 2022. Los resultados muestran que el uso de Apps en entornos educativos de la salud mejora los conocimientos de estudiantes y ayuda a los profesionales como herramientas de consulta rápida. De las 3 Apps revisadas (*Passport Radiation*, *CALDose_X* y *Dental_Dose*), la primera es la más antigua y actualmente indisponible. Todas ofrecen datos, en distintos órganos y tipos de exámenes, de dosis equivalente humanos, dosis efectiva y, a excepción de *Dental_Dose*, una estimación del riesgo de cáncer. *CALDose_X* es la única que puede configurarse en dos idiomas (inglés y portugués). Asimismo, ambas Apps muestran visualizaciones de las estructuras orgánicas y del campo de radiación. A diferencia de *Dental_Dose*, debe ser instalada *CALDose_X*. *CALDose_X* y *Dental_Dose* han sido referenciada por al menos 3 trabajos científicos, demostrando, con ello, aceptación en la comunidad académica. *Dental_Dose* está dedicada al área odontológica, mientras *CALDose_X* al ámbito médico. Se

concluye que *CALDose_X* y *Dental_Dose* son herramientas valiosas y fiables para estimar con precisión la dosis equivalente y efectiva en distintos órganos del cuerpo.

Palabras clave: Aplicaciones de la informática médica, Dosis de radiación, Personal de odontología; Fobia al tratamiento odontológico; Riesgo.

Abstract

Web and mobile applications (Apps) have gained increasing importance as a method of teaching and learning in medical education due to the widespread use of the internet and smartphones. The aim of this review is to describe three Apps, referenced in scientific articles, that can be used to estimate in advance the radiation dose and/or risk of cancer in medical and dental studies. To accomplish this, a bibliographic search was carried out on PubMed and Scielo, using Spanish and English keywords such as radiation, dose, biological effects, medical education, App, dentistry, and medicine. Sixty one (61) articles were selected for their relevance to the topic proposed, with 50% of them published between 2017 and 2022. The results indicate that the use of Apps in health education environments enhances students' knowledge and assists professionals as quick reference tools. Of the three Apps reviewed (Passport Radiation, *CALDose_X*, and *Dental_Dose*), Passport Radiation is the oldest and currently unavailable. All three provide data on equivalent human dose and effective dose, and with the exception of *Dental_Dose*, an estimate of the risk of cancer in various organs and types of examinations. *CALDose_X* is the only one that can be configured in two languages (English and Portuguese). Both Apps also display visualizations of organic structures and the irradiation field. *CALDose_X* must be installed, unlike *Dental_Dose*. *CALDose_X* and *Dental_Dose* have been referenced in at least three scientific papers, demonstrating their acceptance within the academic community. *Dental_Dose* is devoted to the dental field, while *CALDose_X* is used in the medical field. In conclusion, *CALDose_X* and *Dental_Dose* are valuable and reliable tools for precisely estimating equivalent and effective doses in various organs of the body.

Keywords: Medical informatics Applications, Radiation dose, Dental personal, Dental anxiety, Risk.

1. Introducción

La radiación se define como una forma de energía en movimiento, que, según su efecto, se clasifica en dos tipos: ionizante y no-ionizante (ultravioleta, infrarrojos o microondas). La ionizante, es aquella capaz de desprender electrones de los átomos (producir iones) y llevar a modificaciones moleculares; la no-ionizante solo excita (saltos a niveles mayores de energía) a los electrones, debido a que posee menor energía.^(1,2) Según el medio de transporte, la radiación ionizante se clasifica en ondulatoria, cuando se transmite por fotones (rayos gamma o X), y corpuscular, cuando es

transmitida por partículas con masa como electrones, protones, neutrones, etc. Ambas son ampliamente utilizadas para fines médicos y odontológicos, sobre todo la de fotones.^(3,4)

Los seres humanos están continuamente expuestos a la radiación natural de fondo y, ocasionalmente, a la radiación artificial.⁽⁵⁾ La radiación artificial proviene de fuentes de radiación hechas por el hombre, siendo los rayos X la más común en medicina.⁽⁶⁾ Junto con las tecnologías ópticas, los rayos X se consideran como uno de los pilares centrales de la imagenología y la terapia humana.⁽⁷⁾

Estos se utilizan con frecuencia para el diagnóstico de enfermedades y la planificación de tratamientos, debido a su capacidad de penetrar profundamente en los tejidos, citotoxicidad efectiva y por su reconocida utilidad para generar imágenes con métodos robustos de proyección bidimensional (2D) y tridimensional (3D).^(7,8) En odontología, las radiografías (imágenes de rayos X) se emplean para visualizar o detectar alteraciones en las estructuras dentales o maxilofaciales, caries dentales y patologías pulpares, detectar patologías dolorosas ocultas y evaluar las opciones de tratamiento.⁽⁹⁻¹²⁾ En medicina, permiten evaluar alteraciones anatómicas, fisiopatológicas, detección de neoplasias o enfermedades vasculares, entre otras.^(13,14)

Por su naturaleza ionizante, los rayos X pueden causar efectos biológicos adversos (detrimento) en los humanos, incluso, a bajas dosis.^(4,15,16) Gran parte de los efectos obedecen a su genotoxicidad (daños al ADN).⁽¹⁷⁾ El detrimento depende de factores extrínsecos como la dosis absorbida, el tiempo de exposición o el tipo de radiación y de intrínsecos asociados a la edad, el sexo y el estado de salud.⁽¹⁸⁾ La dosis absorbida es la cantidad media de energía de radiación depositada en un volumen dividida por su masa (medida en Gray, Gy).⁽¹⁵⁾ Sin embargo, el efecto biológico de la radiación no solo depende de la dosis, sino del medio de transporte (onda o partícula) y de la radiosensibilidad del órgano; de aquí, se derivan las dosis equivalente y efectiva.^(15,19) La dosis equivalente (medida en Sievert, Sv) es un indicador primario de radioprotección que especifica los límites de radiación en órgano para los trabajadores⁽¹⁵⁾ y que se usa

para evaluar el riesgo en tejidos, a corto plazo. Depende de la dosis absorbida y del tipo de radiación.⁽¹⁹⁾ La dosis efectiva (medida en Sievert, Sv) es una medida de riesgo relativo (incremento porcentual de un evento adverso por encima de su incidencia natural) de sufrir algún efecto adverso de carácter probabilístico. En otras palabras, es la dosis de cuerpo entero que produce el mismo riesgo que una dosis no uniforme que fue recibida⁽²⁰⁻²²⁾ siendo útil para evaluar el riesgo de efectos a largo plazo.⁽¹⁹⁾ La dosis efectiva tiene en cuenta el tipo de tejido y de radiación.^(10,23-25)

Los efectos biológicos se dividen en determinísticos y estocásticos. Los determinísticos son aquellos que aparecen después de una dosis umbral moderada (0,1 – 1 Gy) o alta (> 1 Gy) y pueden llevar a la muerte celular (apoptosis o necrosis), quemaduras en la piel, caída de cabello o la muerte (a corto plazo).⁽²⁶⁻²⁸⁾ La gravedad de estos efectos aumenta con la dosis.⁽²⁴⁾ Los efectos estocásticos están relacionados con dosis bajas (< 0,1 Gy) y pueden dar lugar a mutaciones celulares, procesos cancerígenos, trastornos hereditarios o la muerte (a largo tiempo).^(24,26,27,29) Debido a su naturaleza probabilística, los efectos estocásticos no tienen dosis umbral.⁽⁹⁾ Aquí, la gravedad no aumenta con la dosis (como en los determinísticos) pero sí, la aparición del efecto.⁽²⁴⁾ El período de latencia de los efectos deterministas es de días, semanas o meses, mientras que el de los estocásticos varía de 5 a 60 años.⁽³⁰⁾ Investigaciones en las últimas dos décadas han reportado que dosis de radiación muy bajas (< 0,01 Gy) pueden tener efectos benéficos entre los que se encuentran, estimulación del crecimiento y del sistema inmune o menor tasa de mortalidad y cáncer.

Este aparente beneficio está aún en disputa, ⁽²⁷⁾ por lo que en clínica se adopta una postura conservadora (suponer que a niveles bajísimos de dosis todavía hay riesgo).

Los médicos, odontólogos y tecnólogos radiólogos hacen parte del grupo más grande de trabajadores ocupacionalmente expuestos a fuentes de radiación artificial.⁽³¹⁾ Los pacientes de radiología dental es tal vez el grupo de personas más expuesto, toda vez que los rayos X dentales son los más frecuentes a nivel mundial⁽³²⁻³⁴⁾ con 3 exámenes por cada 10 individuos al año.⁽³⁴⁾ En general, la dosis per cápita se ha multiplicado por 6 entre 1980 y 2006, afectando no solo a los pacientes sino a los profesionales y demás personas a nivel mundial.⁽⁶⁾

Las imágenes dentales incluyen, entre otras, la radiografía intraoral (periapical y de aleta de mordida) (IOR en inglés *intraoral radiograph*), radiografía panorámica (PR en inglés *panoramic radiograph*) y tomografía computarizada de haz cónico (CBCT en inglés *cone beam computed tomography*).^(9,23) Las dos primeras son imágenes 2D, mientras que la última es una modalidad de imagen 3D. El hecho de que las dosis efectivas en imágenes dentales sean mucho menores (1 – 100 μSv)⁽³⁵⁾ que las evidencias de riesgo de cáncer radioinducido provenientes de estudios epidemiológicos de accidentes radiológicos (10 – 50 mSv para exposición aguda y 50 – 100 mSv para exposición prolongada),^(36,37) haría pensar que son

2. Metodología

Se llevó a cabo una revisión descriptiva de literatura,⁽⁴²⁾ basada en una búsqueda de información científica en las bases de datos

inocuas, empero, no es así, por ser un evento probabilístico. Es decir, puede que la dosis de una imagen no sea tan dañina, pero acumular un gran volumen de dosis en un paciente debido a múltiples exposiciones, o repartirlas al conjunto de la sociedad, sea, en cambio, peligrosa. Por ello es importante asegurar, a los involucrados (trabajadores expuestos, pacientes y público), la aplicación de los principios de protección radiológica (justificación, optimización y/o limitación de dosis)^(9,16,38-41) para evitar preocupaciones o negativas de los pacientes en la toma de imágenes radiológicas en clínica⁽¹⁰⁾ y promover la concientización y minimización de la exposición a la radiación. Así, es de relevancia contar con herramientas interactivas, visuales y de fácil comprensión que ayuden a estimar a priori las dosis y riesgos asociados con la cantidad de exámenes recibidos en el ambiente odontológico.

En Colombia no se tienen estudios que indaguen sobre la utilidad de las Apps para la enseñanza y aprendizaje del uso controlado los rayos X en entornos clínicos.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue revisar y describir tres aplicaciones (*Apps* en inglés, *Applications*) de radiología médica y/u odontológica que permiten estimar magnitudes de interés radiológico como la dosis equivalente o efectiva y/o riesgo de cáncer para una variedad de exámenes radiográficos dentales y médicos.

PubMed y Scielo, entre mayo y agosto de 2022. Para tanto, se usaron las palabras clave en español (e inglés): radiación (*radiation*), ionizante (*ionizing*), dosis (*dose*), efectos

biológicos (*biological effects*), aplicaciones (*App*), educación médica (*medical education*), odontología (*dentistry*), medicina (*medicine*). Se utilizaron los operadores booleanos AND y OR para enlazarlas. Fueron seleccionadas, únicamente, publicaciones científicas o páginas web relacionadas con la

temática del trabajo. Se garantizó que al menos el 50% de los documentos/páginas seleccionadas se hubieran publicado en los últimos 5 años (2017 – 2022). La redacción del manuscrito ocurrió en septiembre de 2022.

3. Resultados y discusión

La búsqueda arrojó cerca de 120 artículos, de los cuales se seleccionaron 61 por estar específicamente relacionados con el propósito de la revisión.

Generalidades de las Apps web o móviles en la educación médica

La creación e implementación de sitios web para comunicar contenidos de tipo informativo, cultural, político, religioso, económico o de salud está en pleno auge debido al desarrollo incremental de la computación, softwares y la expansión del internet.⁽⁴³⁾

Las Apps se definen como programas diseñados para ejecutarse en una computadora, tablet o celular con una finalidad específica.⁽⁴⁴⁾ En general, se distribuyen por servicios o tiendas como iTunes o Google Play, cuando el objetivo es usarlas en teléfonos inteligentes.⁽⁴⁵⁾ El crecimiento de las App ha sido sorprendente, ya que en los últimos años se estima la existencia de unas 700 mil, disponibles para descarga y uso. Además, cerca del 3% de esas App, pertenecen al área de la salud, con descargas que superan los 40 millones. Entre sus beneficios potenciales se hallan: mejora de la calidad de la prestación de servicios, disminución de errores médicos y costos,

consultas innecesarias y mejora del acceso a servicios de salud.⁽⁴⁵⁾

En educación médica, las Apps juegan un papel de relevancia dado que estudiantes y profesionales acostumbran a usarlas para su formación, práctica o consulta. En otras palabras, ayudan a adquirir información para la toma de decisiones clínicas, bajo un entorno amigable derivado del enfoque multimedia, en el que se incluyen imágenes, videos o podcasts.⁽⁴⁴⁾ Por otra parte, existen numerosos trabajos^(43,44,46-50) que dan cuenta de la eficacia de las Apps como medio de enseñanza-aprendizaje para incrementar los conocimientos y habilidades de estudiantes y profesionales;⁽⁵¹⁾ siendo comparable o mejor que los métodos tradicionales de estudio.⁽⁴⁶⁾ La razón sería que, a mayor cantidad de sentidos involucrados, mayor es la retención lograda.⁽⁴⁶⁾

Aproximadamente, el 48% de las Apps del área de la salud se diseñaron para pacientes y el 28% para profesionales, siendo sus dos usos más frecuentes en monitoreo y tratamiento de enfermedades (24%) y diagnóstico (15%).⁽⁵⁰⁾

Aplicaciones web o móviles de radiología médica

Debido al crecimiento acelerado de las radiografías y su relación con el cáncer, a

numerosas evidencias de indicaciones radiográficas sin justificación (por costumbre, presión o ayuda mutua entre colegas) y la falta de conciencia de algunos profesionales o pacientes sobre los riesgos de la radiación ionizante, algunos investigadores se han preocupado por evaluar y/o diseñar Apps que coadyuven a contrarrestar los efectos indeseados de la radiación.⁽⁵²⁾ Sin embargo, la existencia de Apps de radiología médica o dental, soportada en literatura científica, es escasa,⁽²³⁾ más allá de las existentes en las plataformas de distribución digitales las cuales son abundantes. Inclusive, radiólogos y oncólogos poco usan las Apps de esas plataformas, pese a que los teléfonos inteligentes los acompañan en su trabajo diario.⁽⁵³⁾ Ciertamente, Calero et al.⁽⁵³⁾ encontraron cerca de 31 Apps en estas plataformas, de las cuales, 7 (23%) eran sobre cálculo de dosis. Con todo, todas versaban sobre calcular las dosis en terapia oncológica (p.ej, dosis biológicamente efectiva o la dosis equivalente por fracción) y la tolerancia tisular, es decir, no están dirigidas a exámenes de radiodiagnóstico.

A continuación, se revisarán tres Apps sobre cálculo de dosis en radiodiagnóstico que tienen soporte en la literatura científica (han

sido referencias y/o analizadas en artículos de revistas científicas).

App Radiation Passport

Radiation Passport (<http://www.tidalpool.ca/download/index.html>) es una App móvil desarrollada en 2009 por *Tidal Pool Software*, una compañía canadiense dedicada al desarrollo de softwares para iOS y Android. Está destinada a profesionales de la salud (médicos, odontólogos, enfermeros, tecnólogos, etc.) como a pacientes. Según sus creadores, el propósito de la App es educar sobre los riesgos de desarrollar cáncer debido a la radiación recibida en exámenes y procedimientos de imágenes ordenadas por odontólogos o médicos.

Los profesionales pueden usarla para responder inquietudes relacionadas con los riesgos de los exámenes radiográficos, así como para adquirir o recordar conceptos. La App estima la dosis efectiva y el riesgo de cáncer en función del sexo, la edad y la modalidad o tipo de examen radiológico (Figura 1). Los tipos de exámenes van desde tomografía computada hasta escaneo óseo por medicina nuclear, pasando por mamografía y radiología intervencionista.

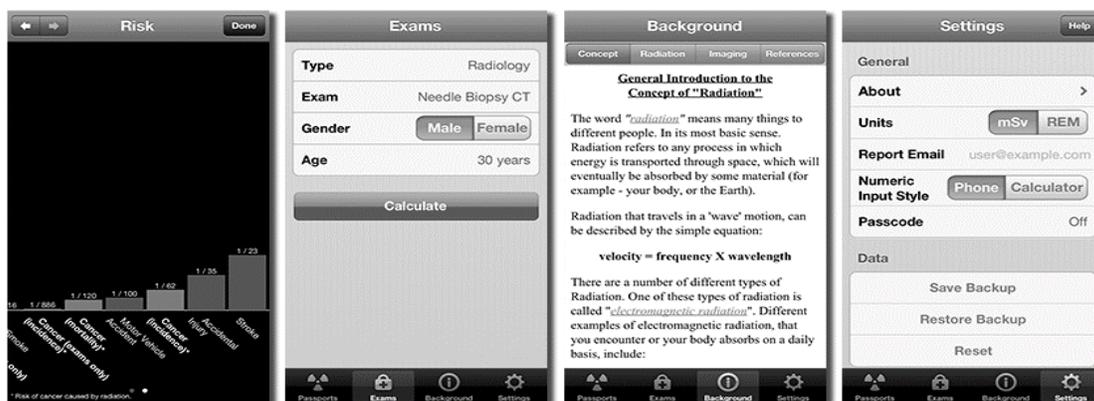


Figura 1. Visualización de elementos de configuración de la App Radiation Passport, relacionados con el riesgo y tipo de examen. Tomada de Tidal Pool Software⁽⁵⁴⁾.

Por otra parte, los pacientes pueden usarla tanto para estimar la dosis y el riesgo de cáncer asociado al examen indicado por el profesional, como para llevar el registro (o pasaporte, de ahí el nombre de la App) de la cantidad de irradiaciones recibidas a lo largo de la vida. Cada vez que el paciente se somete a un examen o procedimiento radiológico, puede ingresarlo en la App. En otras palabras, puede consultar la dosis recibida por procedimiento, como la acumulada, así como sus riesgos. También permite adicionar comentarios como forma de recordatorio.⁽⁵²⁾

Si bien esta App, en apariencia y funcionalidad, traería múltiples ventajas a pacientes y profesionales de la salud, al parecer no está vigente. Los autores la buscamos en Google Play y no la encontramos.

App CALDose_X

The screenshot shows the 'Definição do Exame de Raio X' (X-ray Exam Definition) screen. It is divided into several sections:

- INSTITUIÇÃO:** UNIMAGDALENA
- SALA:** CLINICA ODONTOLOGICA
- PACIENTE ADULTO:**
 - Nome: USUARIO 1
 - ID: 001
 - Idade (anos): 37
 - Gender options: Feminino em Posição Ortostática, Feminino em Posição Supina, Masculino em Posição Ortostática (selected), Masculino em Posição Supina.
- EXAMES:** 05 - Crânio
- PROJEÇÕES:**
 - Anterior-Posterior (AP) (selected)
 - Posterior-Anterior (PA)
 - Lateral Direita (RLAT)
 - Lateral Esquerda (LLAT)
 - Obliqua Posterior Direita (RPO)
 - Obliqua Posterior Esquerda (LPO)
 - Obliqua Anterior Direita (RAO)
 - Obliqua Anterior Esquerda (LAO)
- TUBO DE RAIOS X (Filtro: 2.5 mm Al):**
 - 100 ≤ FDD ≤ 115 (cm): 100
 - Carga (mAs): 200
 - 60 ≤ Voltagem ≤ 80 (kV): 75
- POSIÇÕES DO CAMPO:**
 - Posição Padrão do Campo (selected)
 - Posição Padrão + 2 cm para Cima
 - Posição Padrão + 2 cm para Baixo
- DADOS PARA A CURVA DE RENDIMENTO:**
 - Nº de Pontos para a Curva de Rendimento: 8
 - Identificação do Tubo de Raio-X: Rendimento Teórico/Theoretica
 - Buttons: Digitar Pontos (V, Kar)... Colar Pontos (V, Kar)...
- KERMA no Ar x Tensão:**

Tensão (kV)	K (µGy/mAs a 1 m)
50	41,29
60	60,93
70	80,98
80	102,42
90	125,16
100	148,85
110	173,32
- INAK E ESAK:**
 - Equation: $K = 0,0419 * V ^ 1,774$
 - INAK (mGy): 30,89
 - ESAK (mGy): 36,52
 - BSF: 1,18
- Curva de Rendimento:**
 - Equation: $K = 0,0419 * V ^ 1,774$
 - Graph showing KERMA no Ar (µGy/mAs a 1 m) vs Potencial (kV).
- Buttons:** Salvar Curva de Rendimento..., Mostrar Imagem..., Limpar Tudo, Calcular Dose...

Figura 2. Visualización de la configuración y las opciones de CALDose_X. Fuente: elaboración propia a partir de la App.

CALDose_X

(<http://caldose.org/caldose/CaldoseMain.aspx>) es una App de computadora que puede ser usada para estimar dos magnitudes dosimétricas:⁽¹⁵⁾ kerma incidente en aire (INAK, en inglés Incident Air Kerma) y kerma incidente en aire en la superficie de entrada en la piel (ESAK, en inglés Entrance Surface Air Kerma), a partir de los cuales, y usando factores de conversión y de retrodispersión (BSF, en inglés Backscatter Factor), se calculan la dosis absorbida en órganos y tejidos y la dosis efectiva para hombres y mujeres.^(55,56)

El tubo de rayos X de la App puede ser ajustado en tensión (60 a 80 kV), carga o mAs y distancia foco detector (FDD en inglés Focus to Detector Distance) entre 100 y 115 cm. Además, muestra la curva de rendimiento (kerma en aire vs voltaje) (Figura 2).

Por otra parte, para toda la variedad de exámenes se permiten diferentes proyecciones y, en adición, se muestra la imagen de la zona del fantoma irradiada con la respectiva ilustración del campo de radiación incidente. También estima el riesgo y mortalidad por cáncer radioinducido, para cada tipo de examen (Figura 3).⁽⁵⁶⁾



Figura 3. Visualización del campo de radiación, las dosis absorbidas en órganos y los riesgos de incidencia y mortalidad por cáncer arrojadas por CALDose_X. Fuente: elaboración propia a partir de la App.

Vale destacar que hay una serie de publicaciones científicas basadas en el uso de esta herramienta, lo que, de algún modo, valida su utilidad en el ámbito clínico.⁽⁵⁷⁾ Por otra parte, los datos de la App pueden ser exportados a formato .txt* para análisis posteriores o guardar registros.⁽⁵⁶⁾

Algunas de sus ventajas son: i) multiplicidad de exámenes, proyecciones y posiciones de campo de radiación de acuerdo con la región de interés; ii) ajustes de parámetros físicos del tubo de rayos X, iii) proporciona datos de variables dosimétricas como el kerma, la dosis y el riesgo para incidencia y mortalidad de cáncer, y iv) disponible en portugués, lo cual facilita el uso y lectura de personas hispanohablantes y el resto del mundo (al contar con versión en inglés). Una posible desventaja es que sea difícil de comprender y usar para pacientes o personas sin

conocimientos previos en radiología o física médica.

App Dental_Dose

Dental_Dose

(<https://dentaldose.xojocloud.net/>), una App web de fácil uso, desarrollada en 2021 por Lee H. y Badal A.⁽²³⁾, está destinada a proporcionar un recurso interactivo a pacientes, técnicos orales y odontólogos interesados en conocer las dosis equivalentes en órganos de cabeza y cuello y la dosis efectiva debida a IOR, PR o CBCT, así como comparar sus valores con la dosis de la radiación natural de fondo y de otras fuentes de radiación de la vida diaria.

Para ello, recopilaron valores de dosis equivalentes en órganos y efectivas de IOR, PR y CBCT de estudios publicados en PubMed entre 2010 y 2020; las distribuciones

de dosis 2D o 3D se obtuvieron mediante simulación Monte Carlo. Para IOR y PR, la App muestra: i) la media de las dosis equivalentes y de la dosis efectiva en los principales órganos de cabeza y cuello

tejidos; ii) mapa de distribución de dosis en 2D (para IOR y RP) y 3D (para RP), y iii) comparaciones de dosis con otras fuentes de radiación, todo esto en función del número de exámenes (dosis acumulada). (Figura 4).

Which of the following three images looks the closest to the dental images you took?



Dental Intraoral x-ray Dental Panoramic x-ray Dental Cone Beam CT

How old are you?

< 20 years > 20 years I don't know

How many x-ray exams did you take?

exams

How big is the area the CBCT image covered?

Small < 50 cm² Medium 50 - 150 cm² Large > 150 cm² I don't know

Figura 4. Visualización de la configuración y las opciones de la App-web. Fuente: tomada de Lee H. y Badal A⁽²³⁾.

Para CBCT, la App incorpora, además, el área de la imagen (FOV en inglés field-of-view) y la edad del paciente. El motivo es que para CBCT se tuvo mayor disponibilidad de datos de dosis en sujetos con diferentes edades y distintos FOV, respecto de IOR y PR. Los pacientes se dividieron en dos grupos de edad: pediátricos (< 20 años) y adultos (\geq 20 años). El FOV tiene cuatro opciones, pequeño (< 50 cm²), mediano (50 – 150 cm²), grande (> 150 cm²) y predeterminado (cuando no se conoce).

Por ejemplo, si usted está interesado en conocer las dosis equivalentes en órgano y la dosis efectiva producida por 20 exámenes de IOR, solo debe seleccionar radiografía dental intraoral y cambiar 1 por 20 en número de exámenes de rayos X. El mismo

procedimiento se aplica a la radiografía panorámica dental. Para CBCT, debe introducir, adicionalmente, la edad del paciente (por ejemplo, <20 años si es pediátrico) y el FOV (ejemplo: para un campo de 120 cm², escoger 50 – 150 cm²).

Los resultados de la App-web de dosis orales se muestran en tres ventanas: dosis equivalente en órgano (en inglés, *organ dose*), mapa de dosis (en inglés, *map dose*) y comparación (en inglés, *comparison*) (Figura 5).

En la ventana de *organ dose* se visualiza una imagen sagital de la región de cabeza y cuello, con sus respectivas dosis equivalentes en órganos principales. La dosis equivalente en órgano se expresa como la media (valor

mínimo – valor máximo) de todos los estudios consultados (Figura 5a).

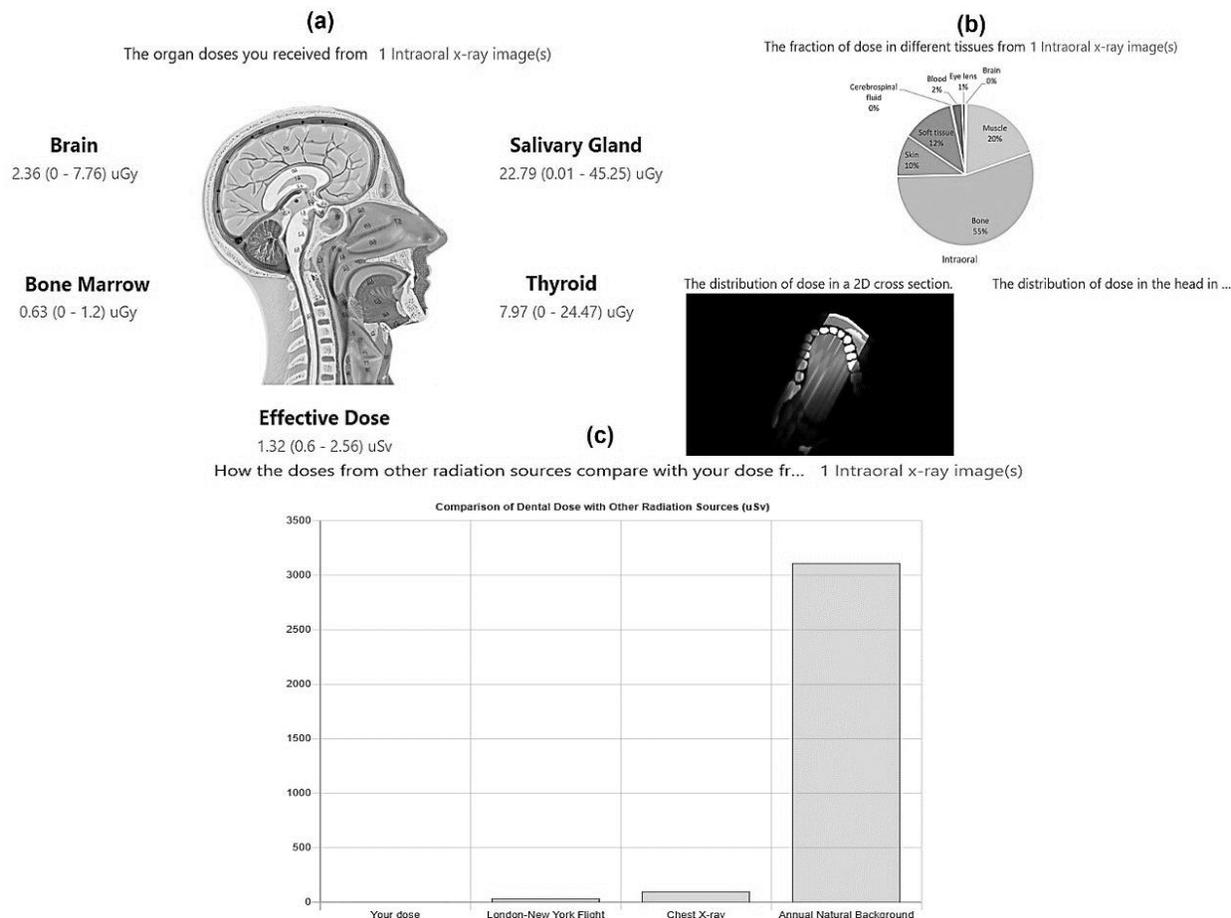


Figura 5. Ventana de resultados de la App web de estimación de dosis equivalentes y efectiva en radiología dental. Fuente: modificada de Lee H. y Badal A.⁽²³⁾

En *map dose* se muestra el porcentaje de la dosis total absorbida por cada tejido, así como la distribución de dosis 2D y 3D (solo para RP y CBCT) de la dosis en cabeza y cuello, al nivel del maxilar inferior (Figura 5b). En *comparison* se coteja el valor de la dosis efectiva estimada con el de otras fuentes de radiación de la vida diaria (dosis anual de fondo, dosis vuelo Nueva York – Londres y radiografía de tórax) (Figura 5c).

Para ejemplificar, según la App web, 1 examen de radiografía oral entrega una dosis efectiva media de 1,32 μ Sv, con un mínimo de 0,6 μ Sv y máximo de 2,56 μ Sv. Los

órganos que más recibe esta dosis son los huesos (55%), músculos (20%), tejidos blandos (12%) y la piel (10%). Comparativamente, 1 radiografía intraoral entrega apenas el 0,04% de la dosis de la radiación natural de fondo (Figura 5).

Por su reciente publicación, solo 3 trabajos lo han citado. En 2022, Almășan O et al.⁽⁵⁸⁾, en una investigación cuyo propósito fue identificar los errores encontrados en la ortopantomografía (OPG) en pacientes postraumáticos causados por limitaciones en la realización de una técnica correcta, referenció el a Dose-Calculator como una

forma de encontrar la dosis de radiación en procedimientos dentales, pero no hizo comparaciones. En esa línea, Sullivan M⁽⁵⁹⁾, en una tesis de maestría que tuvo como objetivo establecer la distancia del canal mandibular hasta los ápices de las raíces de los molares en pacientes pediátricos usando CBCT, se apoyó en el trabajo de Lee y Badal⁽²³⁾ para indicar que, con los años, la dosis de radiación del CBCT ha venido disminuyendo, haciéndola una modalidad cada vez más aceptada. También, para indicar que la dosis efectiva en niños es menor cuando el campo de radiación es inferior a 50 cm². En 2023, Schüller IM et al.⁽⁶⁰⁾, en un estudio que tuvo por objeto determinar la cantidad de radiografías intraorales y sus dosis efectivas en niños y adolescentes que asistieron entre 2002 y 2020 al Hospital Universitario de Jena, encontraron que la dosis efectiva media informada por Lee y Badal⁽²³⁾ (1,32 mSv) fue superior a la encontrada por ellos (1,25 mSv), aunque dentro del rango de estudios reportada por ellos (0,60 – 2,56 mSv).

4. Conclusión

El uso de aplicaciones (App) web o móviles ha demostrado ser comparable o mejor, en procesos de enseñanza-aprendizaje en ciencias de la salud, que el método tradicional. A 2017, existían cerca de 30 Apps en para Android y iOS, de las que 7 eran para el cálculo de dosis, entre estas, tres estaban soportadas y/o referenciadas en artículos científicos (*Passport Radiation*, *CALDose_X* y *Dental_Dose*). Con todas se puede calcular, al menos, las dosis efectivas o equivalentes en órganos. De estas, solo la primera no estaba vigente (no pudo ejecutarse). *CaLDose_X* es

Las ventajas de esta App son evidentes: i) fácil de usar ya que solo se precisa de la selección de ítems o parámetros de las radiografías; ii) está basada en datos actuales por lo que sus valores son representativos de los equipos más modernos en estas modalidades de diagnóstico dental; iii) permite comparar las dosis con las de fuentes naturales que, por sentado, se dan como inocuas. Con esto, el odontólogo puede proporcionar seguridad al paciente en cuanto a los riesgos de la radiación, evitando reacciones radiofóbicas; iv) es la App más actual y con dedicación exclusiva al cálculo de dosis en el área de odontología, a diferencia de las dos anteriores. Una desventaja es que las dosis de IOR y las PR no fueron discriminadas por edad y FOV. También hubiera sido valioso adicionar el riesgo y mortalidad de cáncer, de acuerdo con la dosis y la técnica diagnóstica, tal como en *CALDose_X*.

una App útil en el ámbito médico, ya que permite arroja resultados de la dosis en varios órganos, el riesgo de cáncer y mortalidad por este. En cambio, *Dental_Dose* se restringe a las distintas estructuras y exámenes dentales, sin calcular el riesgo de forma directa. A cambio, compara la dosis recibida con otras de referencia (natural de fondo, vuelo de avión y radiografía de tórax). Ambas muestran el campo de radiación y el área del cuerpo irradiada. Sin embargo, quizá por ser más reciente, la resolución de *Dental_Dose* es mejor. Por otra parte, *CALDose_X* parece

dirigirse a una población más especializada o con conocimientos en física médica. Estas App ayudarían a comprender el riesgo relativo asociado a los exámenes radiológicos

y a evitar posibles reacciones radiofóbicas de los pacientes al hacerlos conscientes de las bajas dosis que están recibiendo.

5. Agradecimientos

A nuestras casas de estudio: Universidad del Magdalena y Universidad San Buenaventura. Ad Maiorem Dei Gloria (AMDG).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

6. Referencias

1. Alcocer P, Márquez C, Quintana F, Chalén S, Gamarra E. Quemaduras radioinducidas. Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana [Internet]. 2020;46(1):1-8. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-78922020000200017
2. Omer H. Radiobiological effects and medical applications of non-ionizing radiation. Saudi J Biol Sci [Internet]. 2021;28(10):5585-92. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8459055/>
3. Akram S, Chowdhury YS. Radiation Exposure Of Medical Imaging [Internet]. First. StatPearls. Treasure Island (FL); 2023. 20 p. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33351446>
4. González AJ. Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: Una visión más completa. Boletín del OIEA [Internet]. 1994;35(4):37-45. Disponible en: https://www.iaea.org/sites/default/files/36405843745_es.pdf
5. Szatkowska M, Krupa R. Regulation of DNA Damage Response and Homologous Recombination Repair by microRNA in Human Cells Exposed to Ionizing Radiation. Cancers (Basel) [Internet]. 2020;12(7):1838. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6694/12/7/1838>
6. Luan FJ, Zhang J, Mak KC, Liu ZH, Wang HQ. Low Radiation X-rays: Benefiting People Globally by Reducing Cancer Risks. Int J Med Sci [Internet]. 2021;18(1):73-80. Disponible en: <https://www.medsci.org/v18p0073.htm>
7. Pogue BW, Wilson BC. Optical and x-ray technology synergies enabling diagnostic and therapeutic applications in medicine. J Biomed Opt [Internet]. 22 de octubre de 2018;23(12):1. Disponible en: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical->

- optics/volume-23/issue-12/121610/Optical-and-x-ray-technology-synergies-enabling-diagnostic-and-therapeutic/10.1117/1.JBO.23.12.121610.full
8. Ou X, Chen X, Xu X, Xie L, Chen X, Hong Z, et al. Recent Development in X-Ray Imaging Technology: Future and Challenges. *Research* [Internet]. 2021;2021:1-18. Disponible en: <https://spj.science.org/doi/10.34133/2021/9892152>
 9. Wilches Visbal JH, Castillo Pedraza MC, Houry HJ. Protección Radiológica en Radiología Dental. *CES Odontol* [Internet]. 2021;34(1):52-67. Disponible en: <https://revistas.ces.edu.co:443/index.php/odontologia/article/view/5557>
 10. Al Faleh W, Bin Mubayrik A, Al Dosary S, Almthen H, Almatrafi R. Public Perception and Viewpoints of Dental Radiograph Prescriptions and Dentists' Safety Protection Practice. *Clin Cosmet Investig Dent* [Internet]. 2020;12:533-9. Disponible en: <https://www.dovepress.com/public-perception-and-viewpoints-of-dental-radiograph-prescriptions-an-peer-reviewed-article-CCIDE>
 11. Woodward TM. Dental Radiology. *Top Companion Anim Med* [Internet]. 2009;24(1):20-36. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1938973608001062>
 12. Wilches-Visbal J, Castillo-Pedraza M, Llinás-Ariza A. Protección de embarazadas en radiología oral. 2022;30(2):e12121. Disponible en: https://estomatologia.univalle.edu.co/index.php/revista_estomatologia/articulo/view/12121
 13. Ramírez-Arias JL. Radiología e imagen. *Rev la Fac Med* [Internet]. 2020;62(2):1-8. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v62n2/2448-4865-facmed-62-02-7.pdf>
 14. Shi L, Tashiro S. Estimation of the effects of medical diagnostic radiation exposure based on DNA damage. *J Radiat Res* [Internet]. 2018;59(Suppl 2):121-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5941141/>
 15. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en radiología. *Rev Argentina Radiol* [Internet]. 2014;78(2):114-7. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004876191400012X>
 16. Barba Ramírez L, Ruiz García de Chacón V, Hidalgo Rivas A. El uso de rayos X en odontología y la importancia de la justificación de exámenes radiográficos. *Av Odontoestomatol* [Internet]. 2020;36(3):131-42. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852020000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 17. Fang L, Li J, Li W, Mao X, Ma Y, Hou D, et al. Assessment of Genomic Instability in Medical Workers Exposed to Chronic Low-Dose X-Rays in Northern China. *Dose-Response* [Internet]. 2019;17(4):1-10. Disponible en:

- <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1559325819891378>
18. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Resúmenes de Salud Pública - Radiación ionizante (Ionizing Radiation) [Internet]. Atlanta, USA; 1999. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs149.pdf
 19. RadiologyInfo. ¿Qué es la dosis de radiación? [Internet]. 2022 [citado 20 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.radiologyinfo.org/es/info/safety-hiw_09
 20. Berry K. Ask Experts Answer to Question #13720 Submitted to «Ask the Experts» [Internet]. Health Physics Society. 2016 [citado 20 de junio de 2022]. Disponible en: <http://hps.org/publicinformation/ate/q13720.html>
 21. Jacobi W. The concept of the effective dose a proposal for the combination of organ doses. *Radiat Environ Biophys* [Internet]. 1975;12(2):101-9. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/BF01328971>
 22. Von Boetticher H, Lachmund J, Looe HK, Hoffmann W, Poppe B. 2007 Recommendations of the ICRP change basis for estimation of the effective dose: What is the impact on radiation dose assessment of patient and personnel? *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren* [Internet]. 2008;180(5):391-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18438741>
 23. Lee H, Badal A. A Review of Doses for Dental Imaging in 2010–2020 and Development of a Web Dose Calculator. *Radiol Res Pract* [Internet]. 2021;2021:1-18. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/rrp/2021/6924314/>
 24. Puerta-Ortiz JA, Morales-Aramburo J. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2020;27:61-71. Disponible en: https://rccardiologia.com/previos/RCC_2020_Vol.27/RCC_2020_27_S1/RCC_2020_27_S1_061-071.pdf
 25. International Commission on Radiation Protection. Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Publicación 103. 2007.
 26. International Atomic Energy Agency (IAEA). Occupational Radiation Protection during High Exposure Operations [Internet]. Health Effects Caused by Radiation and Basis for Radiological Protection. 2023 [citado 24 de abril de 2023]. p. 35. Disponible en: <https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/orphighexposure/SharedDocuments/8-HealthEffects.pdf>
 27. Wang Z, Lv MY, Huang YX. Effects of Low-Dose X-Ray on Cell Growth, Membrane Permeability, DNA Damage and Gene Transfer Efficiency. *Dose-Response* [Internet]. 2020;18(4):155932582096261.

- Disponible en:
<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1559325820962615>
28. Little MP, Wakeford R, Bouffler SD, Abalo K, Michael Hauptmann NH, Kendall GM. Review of the risk of cancer following low and moderate doses of sparsely ionising radiation received in early life in groups with individually estimated doses. *Environ Int* [Internet]. 2022;159:1-21. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412021006085?via%3Dihub>
 29. Mettler FA. Medical effects and risks of exposure to ionising radiation. *J Radiol Prot* [Internet]. 2012;32(1):N9-13. Disponible en:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0952-4746/32/1/N9>
 30. Peck DJ, Samei E. How to Understand and Communicate Radiation Risk [Internet]. *Image Wisely*. 2017 [citado 14 de enero de 2022]. p. 31. Disponible en:
<https://www.imagewisely.org/Imaging-Modalities/Computed-Tomography/How-to-Understand-and-Communicate-Radiation-Risk>
 31. Boice J, Dauer LT, Kase KR, Mettler FA, Vetter RJ. Evolution of radiation protection for medical workers. *Br J Radiol* [Internet]. 2020;93(1112):20200282. Disponible en:
<https://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr.20200282>
 32. Memon A, Rogers I, Paudyal P, Sundin J. Dental X-Rays and the Risk of Thyroid Cancer and Meningioma: A Systematic Review and Meta-Analysis of Current Epidemiological Evidence. *Thyroid* [Internet]. 2019;29(11):1572-93. Disponible en:
<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/thy.2019.0105>
 33. Ubeda C. Investigación sobre la Seguridad y Protección Radiológica en procedimientos radiológicos dentales. Cuanto hay en Chile. *Int J Odontostomatol* [Internet]. 2018;12(2):91-2. Disponible en:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2018000200091&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 34. Chauhan V, Wilkins RC. A comprehensive review of the literature on the biological effects from dental X-ray exposures. *Int J Radiat Biol* [Internet]. 2019;95(2):107-19. Disponible en:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09553002.2019.1547436>
 35. International Atomic Energy Agency (IAEA). What is a typical dose from a dental radiological procedure? [Internet]. *Radiation doses in dental radiology: FAQs for health professionals*. 2021 [citado 25 de abril de 2021]. p. 1-2. Disponible en:
<https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/dentistry/radiation-doses>
 36. Lin EC. Radiation Risk From Medical Imaging. *Mayo Clin Proc* [Internet]. diciembre de 2010;85(12):1142-6. Disponible en:
<https://linkinghub.elsevier.com/retriev>

- e/pii/S0025619611603698
37. Ali YF, Cucinotta FA, Ning-Ang L, Zhou G. Cancer Risk of Low Dose Ionizing Radiation. *Front Phys* [Internet]. 2020;8:1-9. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphy.2020.00234/full>
 38. McGiff TJ, Danforth RA, Herschaft EE. Maintaining Radiation Exposures As Low As Reasonably Achievable (ALARA) for Dental Personnel Operating Portable Hand-Held X-Ray Equipment. *Health Phys* [Internet]. 2012;103(2):S179-85. Disponible en: <https://journals.lww.com/00004032-201208002-00010>
 39. International Atomic Energy Agency (IAEA). Frequently Asked Questions on ALARA... .optimization of doses for occupational exposure [Internet]. IAEA Consultancy Meeting. 2010 [citado 24 de abril de 2023]. p. 33. Disponible en: <https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/resources/frequentlyaskedquestions/Shared Documents/faq-list-en.pdf>
 40. Lintag K, Bruhn AM, Tolle SL, Diawara N. Radiation Safety Practices of Dental Hygienists in the United States. *J Dent Hyg JDH* [Internet]. 2019;93(4):14-23. Disponible en: <https://jdh.adha.org/content/93/4/14>
 41. Honer K. Guideline 172: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology [Internet]. Luxemburgo; 2012. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ec5936c7-5a29-4a93-9b3a-01a5d78d7b2e>
 42. Guirao-Goris SJA. Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene* [Internet]. 2015;9(2):1-12. Disponible en: <http://ene-enfermeria.org/ojs/index.php/ENE/article/view/495/guirao>
 43. Acosta J, León A, Sanafria W. Las aplicaciones móviles y su impacto en la sociedad. *Rev Univ y Soc* [Internet]. 2022;14(2):237-43. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000200237&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202022000200237&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 44. Chandran VP, Balakrishnan A, Rashid M, Pai Kulyadi G, Khan S, Devi ES, et al. Mobile applications in medical education: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* [Internet]. 2022;17(3):e0265927. Disponible en: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0265927>
 45. Santamaría-Puerto G, Hernández-Rincón E. Mobile Medical Applications: definitions, benefits and risks. *Salud Uninorte* [Internet]. 2015;31(3):599-607. Disponible en: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/7622/8319>
 46. Rivera-Fernández N, García-Dávila P, Alpuche Hernández A. Las aplicaciones digitales como herramienta didáctica para el estudio de la Parasitología Médica. *Investig en Educ Médica* [Internet].

- 2019;(31):64-71. Disponible en:
<http://www.riem.facmed.unam.mx/index.php/riem/article/view/159>
47. Fabars AD, Mazar VQ, Orduño AC, Quintana KIM. MEDINAT: software educativo para la enseñanza de Medicina Natural y Tradicional. Edumecentro [Internet]. 2020;46-60. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742020000100046
48. Shetty S, Shetty R, Halkai R, Prasad P, Adtani P, Shetty S. Application of E-learning in Dental Radiology Education at undergraduate level –a Systematic Review. Brazilian Dent Sci [Internet]. 2019;22(4):434-42. Disponible en:
<https://bds.ict.unesp.br/index.php/cob/article/view/1781>
49. De Oliveira MLB, Verner FS, Kamburoğlu K, Silva JNN, Junqueira RB. Effectiveness of Using a Mobile App to Improve Dental Students' Ability to Identify Endodontic Complications from Periapical Radiographs. J Dent Educ [Internet]. 2019;83(9):1092-9. Disponible en:
<http://doi.wiley.com/10.21815/JDE.019.099>
50. Velandia Bernal, Z. T., Lozano Rodríguez, M., & Baquero Mujica GK. Aplicaciones móviles en salud, una revisión sistemática cualitativa [Internet]. Universidad de La Salle; 2021. Disponible en:
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2910&context=opometria>
51. Darwita RR, Setiawati F, Rahmah IF. Effectiveness of web application as educational media in increasing the caries risk knowledge and decreasing the caries risk score among dental students in Indonesia. BMC Oral Health [Internet]. 2021;21(1):642. Disponible en:
<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-021-01995-1>
52. Baerlocher, MO, Talanow, R Baerlocher A. Radiation Passport: An iPhone and iPod Touch Application to Track Radiation Dose and Estimate Associated Cancer Risks. J Am Coll Radiol [Internet]. 2010;7(4):277-80. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1546144009004669>
53. Calero JJ, Oton LF, Oton CA. Apps for Radiation Oncology. A Comprehensive Review. Transl Oncol [Internet]. 2017;10(1):108-14. Disponible en:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1936523316300390>
54. Tidal Pool Software. Radiation Passport [Internet]. 2009 [citado 25 de abril de 2023]. p. 1. Disponible en:
<http://www.tidalpool.ca/radiationpassport/>
55. Kramer R, Khoury HJ, Vieira JW. CALDose_X : a software for the calculation of absorbed dose to radiosensitive organs and for the assessment of radiological risks for patients submitted to X-ray radiography. Rev Bras Fis Medica [Internet]. 2010;4(2):55-8. Disponible

- en:
<https://www.rbm.org.br/rbm/article/view/79>
56. Kramer R, Khoury HJ, Vieira JW. Guia do usuário para a versão 5.0 do CALDose_X [Internet]. Recife, Brasil; 2011. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1SFQMkPbB_g6CYpQbsTsqs13vuNKnkZuS/view?usp=sharing
57. Kramer R, Khoury HJ, Vieira J. Publicaciones con CALDose_X [Internet]. 2011 [citado 25 de abril de 2023]. p. 1. Disponible en: <http://www.caldose.org/caldose/PublicacaoEng.aspx>
58. Almășan O, Roman RA, Hedeșiu M, Bran S, Roman S, Petric B, et al. Post-Traumatic-Related Technical Errors in Orthopantomographic Imaging. Medicines [Internet]. 2022;9(12):63. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2305-6320/9/12/63>
59. Sullivan MT. Distance from the Mandibular Canal to Molar Root Apices in a Pediatric Population: A Cone-Beam Computed Tomography Study [Internet]. Saint Louis University; 2022. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2692732745/fulltextPDF/A538265F7F6C4C6BPQ/1?accountid=43960>
60. Schüler IM, Hennig CL, Buschek R, Scherbaum R, Jacobs C, Scheithauer M, et al. Radiation Exposure and Frequency of Dental, Bitewing and Occlusal Radiographs in Children and Adolescents. J Pers Med [Internet]. 2023;13(4):692. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4426/13/4/692>