



**Modelos matemáticos para la identificación de las dimensiones radiográficas radiculares en dientes permanentes inmaduros necróticos**

Mathematical models for identification of radiographic root dimensions in permanent necrotic immature teeth

Elizabeth Santiago Dager<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7832-3131>

Liuba González Espangler<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2918-462X>

Lázaro Ibrahim Romero García<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3248-3110>

Olivia de la Caridad Jiménez Muñoz<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5915-7027>

Rose Mary Roll Miranda<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1650-8178>

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Facultad de Estomatología. Santiago de Cuba. Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Santiago de Cuba. Cuba.

<sup>3</sup>Hospital Provincial Clínico-Quirúrgico Docente “Saturnino Lora”. Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>4</sup>Clínica Estomatológica Provincial Docente Mártires del Moncada. Santiago de Cuba. Cuba.

\*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: [elizabeth.santiago@infomed.sld.cu](mailto:elizabeth.santiago@infomed.sld.cu)

**RESUMEN**

**Introducción:** La identificación de las dimensiones radiográficas radiculares en dientes permanentes inmaduros necróticos, a través de modelos matemáticos, reduce el sesgo de evaluación.

**Objetivo:** Validar modelos matemáticos para la identificación de las dimensiones radiográficas radiculares en dientes permanentes inmaduros necróticos.



**Método:** Se realizó una investigación de desarrollo y evaluación de tecnología, entre diciembre de 2021 hasta mayo de 2022, en la Facultad de Estomatología de Santiago de Cuba. El diseño inicial de los modelos se realizó por el equipo de trabajo empleando el método de tormenta de ideas. Se analizó la validez de aspecto y contenido mediante consulta con expertos. Se utilizó como medida de resumen de variables cuantitativas la media y la desviación estándar. Para la concordancia se utilizaron las pruebas no paramétricas Kruskal Wallis (en la interobservador) y el test de rangos con signo de Wilcoxon (en la intraobservador), con un nivel de significación de 0,05.

**Resultados:** En la validación de los modelos por los expertos, se obtuvo más de un 80 % de concordancia. En la concordancia interobservador e intraobservador, el nivel de significación fue mayor de 0,05. La media de los modelos matemáticos I, II y III exhiben valores menores de 0,22 %, 0,48 % y 0,53 % respectivamente, las cuales son muy cercanas al valor nulo.

**Conclusiones:** Los modelos matemáticos diseñados son válidos y confiables para la identificación de las dimensiones radiográficas radiculares en dientes permanentes inmaduros necróticos.

**Palabras clave:** dentición permanente; diente no vital; evaluación cuantitativa, necrosis de la pulpa, radiología.

## ABSTRACT

**Introduction:** The identification of root radiographic dimensions in necrotic immature permanent teeth, through mathematical models, reduces the evaluation bias.

**Objective:** To validate mathematical models for the identification of root radiographic dimensions in necrotic immature permanent teeth.

**Method:** A development research and technology evaluation was carried out, between December 2021 and May 2022, at the Stomatology Faculty of Santiago de Cuba. The initial design of the models was carried out by the work team using the brainstorming method. The validity of aspect and content was analyzed through expert consultation. Means and standard deviation were produced as a summary measure of quantitative variables. For concordance, the non-parametric Kruskal Wallis tests (in the inter-observer) and the Wilcoxon signed rank test (in the intra-observer) were obtained, with a significance level of 0.05.



**Results:** In the validation of the models by the experts, more than 80 % agreement was obtained. In the inter-observer and intra-observer agreement, the significance level was greater than 0.05. The average of the mathematical models I, II and III exhibit values less than 0.22%, 0.48 % and 0.53% respectively, which are very close to the null value.

**Conclusions:** The mathematical models designed are valid and reliable for the identification of radiographic root dimensions in necrotic immature permanent teeth.

**Keywords:** permanent tooth; non-vital tooth; quantitative evaluation, pulp necrosis, radiology.

Recibido: 19/05/2023

Aprobado: 22/06/2023

## INTRODUCCIÓN

Los dientes permanentes inmaduros son dientes recién erupcionados en la cavidad bucal, que no han terminado su desarrollo.<sup>(1)</sup> Se caracterizan por una morfología radicular incompleta, ausencia de cierre apical, paredes radiculares estrechas y divergentes.<sup>(2)</sup>

El desarrollo radicular culmina de 3 a 4 años después de la erupción dentaria; a su vez, puede detenerse por diferentes causas y ocasionar necrosis pulpar. Por consiguiente, se produce un desarrollo radicular incompleto y se denominan dientes permanentes inmaduros necróticos.<sup>(1)</sup>

En la evaluación del tratamiento, en pacientes con dientes permanentes inmaduros necróticos, son esenciales las mediciones en radiografías dentarias. Se busca determinar variaciones radiculares (en largo, ancho y foramen apical), como signo asociado al éxito del tratamiento.<sup>(3,4)</sup>

Las imágenes radiográficas en estudios retrospectivos han sido evaluadas usando imágenes pre y postratamientos.<sup>(5)</sup> Sin embargo, las radiografías resultantes son adecuadas para el diagnóstico del cierre apical, pero no para la cuantificación del desarrollo radicular, pues la distorsión de la imagen radiográfica dificulta este resultado.<sup>(6)</sup>



Se precisa que las mediciones cuantitativas del largo y grosor de las raíces, pudieran eliminar el sesgo de evaluación tanto como sea posible.<sup>(7)</sup> Autores como *Bose* y otros<sup>(8)</sup> proponen con este fin, una técnica de análisis radiográfico para transformar matemáticamente radiografías no estandarizadas y así calcular estimaciones de éxitos radiográficos con la utilización del complemento TurboReg (utilizado para alinear o hacer coincidir 2 imágenes de un mismo objeto).<sup>(8)</sup> Por su parte, *Flake* y otros<sup>(4)</sup> desarrollaron y validaron un método de medición con el empleo del área radiográfica radicular, el cual no separa la longitud y el ancho; además, requiere de muchos puntos gráficos, que afectan la precisión de la medición repetida.

Para reducir la distorsión entre las radiografías pre y postratamientos, los estudios antes citados,<sup>(4,8)</sup> utilizan la corrección de imágenes del TurboReg. Sin embargo, esta técnica no es capaz de modificar imágenes con desviaciones extremas en la angulación horizontal, no corrige los errores de 4 a 8 % de aumento, propio de radiografías periapicales; lo cual trae como consecuencia que estas discrepancias puedan no ser corregibles.<sup>(6)</sup>

Se requieren de otros métodos que permitan corregir las variaciones de las imágenes pre y postratamientos, así como detectar cambios cuantitativos en el desarrollo radicular. *Roldán PN*<sup>(9)</sup> señala que un modelo matemático (MM) permite el análisis de un fenómeno, lo representa de forma simplificada a través de ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas; por lo que puede ser la solución a las problemáticas planteadas.

La validación de los instrumentos constituye una garantía de la credibilidad de las investigaciones científicas.<sup>(10)</sup> La calidad de las mediciones, determinará la validez de las conclusiones, además, justificará la importancia de las decisiones clínicas que se apoyen en la investigación.

Debido a la necesidad de un método cuantitativo que permita describir las dimensiones del área radicular en dientes permanentes inmaduros necróticos, el objetivo de esta investigación es validar modelos matemáticos para identificar las dimensiones radiográficas radiculares en dientes permanentes inmaduros necróticos.



## MÉTODOS

### Diseño

Se realizó una investigación de desarrollo y evaluación de tecnología,<sup>(11)</sup> en el período comprendido desde diciembre de 2021 hasta mayo de 2022, en la Facultad de Estomatología de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. El estudio se dividió en 2 momentos metodológicos; el primero para el diseño y construcción de 3 modelos matemáticos y el segundo para su validación.

### Sujetos

Para el diseño y validación de los modelos se utilizaron 3 grupos:

Grupo 1: pacientes de entre 7 y 15 años de edad, con dientes permanentes inmaduros necróticos, para realizar las mediciones en radiografías periapicales del sector anterior, para ello se utilizó la técnica de paralelismo.<sup>(12)</sup> La unidad de análisis fueron las radiografías periapicales.

Grupo 2: licenciados de la Facultad de Informática Matemática, de la Universidad de Oriente, de Santiago de Cuba, para la validación de aspecto y contenido de los modelos matemáticos, seleccionados según los siguientes criterios:

- Profesionales con más de 10 años de graduados.
- Categoría docente de Profesor Asistente, Auxiliar, Titular o la condición docente especial Profesor Consultante.<sup>(13)</sup>
- Con grado académico o científico (máster o doctor en ciencias).<sup>(14)</sup>
- Voluntariedad de participar en el estudio.
- Coeficiente de competencia (K)<sup>(15)</sup> alto=  $0,8 \leq K \leq 1$

Grupo 3: compuesto por los observadores para la validación de criterio. Tuvieron como característica común, ser estomatólogos generales integrales.<sup>(16)</sup>

Fueron reclutadas 3 muestras aleatorias por cada grupo: pacientes ( $n_1= 15$ ), matemáticos ( $n_2= 15$ ) y observadores ( $n_3= 3$ ); las que estuvieron supeditadas a la factibilidad.<sup>(17)</sup>



## Variables

- Mediciones radiográficas radiculares: se consideraron las mediciones realizadas en las radiografías periapicales. Fueron divididas en 5 categorías: largo mesial (distancia desde el límite amelocementario -LAC- mesial, hasta el extremo radicular apical de ese mismo lado); largo distal (distancia desde el LAC distal hasta el extremo radicular apical de ese mismo lado); ancho mesial (distancia entre las superficies radiculares externa e interna de la pared mesial, en un punto equivalente y paralelo a la distancia entre ambos LAC); ancho distal (distancia entre las superficies radiculares externa e interna de la pared distal, en un punto equivalente y paralelo a la distancia entre ambos LAC); diámetro apical (distancia entre las superficies mesial y distal). Todas estas mediciones se registraron en milímetros a través de las herramientas *Straight line* y *Set scale* del software *ImageJ*.<sup>(18)</sup>
- Concordancia: se describieron la intraobservador (diferencias entre las mediciones en diferentes momentos, realizadas por un mismo estomatólogo general integral) e interobservador (diferencias entre las mediciones en diferentes momentos, realizadas por distintos estomatólogos generales integrales).

## Procedimientos

Las variables fueron obtenidas a través de las mediciones en las radiografías periapicales en la muestra del grupo 1 (n<sub>1</sub>). Para evitar sesgos en la obtención de la información, las radiografías fueron realizadas en la consulta de radiología de la Clínica Estomatológica Provincial Docente “Mártires del Moncada”, de Santiago de Cuba. Se utilizó un equipo de rayos X marca ASAHI y radiografías intraorales de 31 por 41 mm. En todos los casos se empleó la técnica de paralelismo,<sup>(12)</sup> realizada por un mismo licenciado en imagenología.

Posteriormente, estas imágenes fueron digitalizadas. En este momento, se colocó la radiografía periapical en un negatoscopio y se tomó una fotografía, con una cámara digital Panasonic, DCM-FZ1000 de 20 100 000 píxeles, colocada en un trípode a 30 cm de la radiografía. Se logró coincidir el centro de la



radiografía con el eje óptico del lente de la cámara; todo ello realizado por la autora principal de la investigación.

El diseño de los modelos matemáticos se efectuó por el equipo de investigación, para lo cual se aplicó el método de tormenta de ideas y se consideraron 2 momentos de medición: inicial (primera medición al momento de inclusión de la imagen) y de seguimiento (las siguientes mediciones posterior a la inclusión en 1 semana). Se siguieron las fases de la 1 a la 7 propuesta por *Hernández T* y otros<sup>(19)</sup> para la construcción de un instrumento de medición.

Fase 1: se analizaron las posibles variables y el propósito de su recolección.

Fase 2: mediante la revisión de la literatura se delimitaron los instrumentos de medición utilizados en estudios anteriores para medir las variables de interés.

Fase 3: se identificó con precisión, las dimensiones que integraron las variables y se establecieron los indicadores de medición.

Fase 4: se determinó si se va a utilizar un instrumento ya elaborado, uno adaptado o desarrollar uno nuevo.

Fase 5: se construyó el instrumento.

Fase 6: se administró el instrumento a una pequeña muestra de casos para determinar su pertinencia.

Fase 7: elaboración de la versión final del instrumento y su procedimiento de aplicación e interpretación.

Por otra parte, la validación de aspecto y contenido fue realizada a través de la consulta a los matemáticos, con la muestra seleccionada del grupo 2 ( $n_2$ ); previa autocalificación por medio de encuestas con la finalidad de determinar el grado de competencia en el tema.<sup>(15)</sup> Se utilizó el coeficiente de competencia ( $K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$ ).<sup>(15)</sup> Donde:  $K_c$  es el coeficiente de conocimiento del experto acerca del problema y  $K_a$  es el coeficiente de argumentación.<sup>(15)</sup>

Una vez seleccionados, se consultaron vía correo electrónico o presencial, la matriz de calificación y los modelos matemáticos (en lo adelante MM) a evaluar, partiendo de los criterios de Moriyama, citado por *Rodríguez* y otros.<sup>(20)</sup>

Para la validación de criterio fueron empleados los observadores ( $n_3$ ). Se utilizó como porcentaje de referencia un cambio porcentual nulo, al realizar la radiografía inicial y de seguimiento sucesivas con un intervalo de 5 minutos. Los observadores ( $n_3$ ) fueron entrenados previamente, tanto para realizar



mediciones con la utilización del software ImageJ,<sup>(18)</sup> como para el empleo de estos MM; para ello se utilizaron las fases de la 8 a la 12, propuestas por *Hernández R* y otros:<sup>(19)</sup>

Fase 8: se capacitó a los observadores ( $n_3$ ) que realizaron las mediciones. Esto incluyó una fase de entrenamiento, otra de adiestramiento y por último una evaluación del proceso, en las cuales se verificó su desempeño y se evaluaron sus registros.

Fase 9: obtener autorizaciones para aplicar el instrumento.

Fase 10: se aplicó el instrumento.

Fase 11: preparación de los datos para el análisis (se recogieron las mediciones en una planilla diseñada al efecto).

Fase 12: análisis.

## Procesamiento estadístico

La información fue procesada de forma automatizada a través del programa estadístico SPSS versión 22.0. Se utilizó como medida de resumen de variables cuantitativas la media ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar (DE). En la identificación de concordancias se emplearon las pruebas no paramétricas Kruskal Wallis (en la interobservador) y el test de rangos con signo de Wilcoxon (en la intraobservador), con un nivel de significación  $\alpha=0,05$ ; donde:

- No concordancia: cuando la probabilidad  $p < 0,05$ .
- Concordancia: cuando  $p \geq 0,05$ .

La información se resumió y presentó en tablas y gráficos.

## Aspectos bioéticos

El estudio derivó de un proyecto nacional, perteneciente al Programa sectorial “Organización, eficiencia y calidad en los servicios”, aprobado por el consejo científico y el comité de ética de investigaciones en salud, ambos de la Facultad de Estomatología de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Se solicitó el consentimiento informado a todos sujetos participantes.



## RESULTADOS

Los modelos matemáticos incluyeron la distorsión de la imagen radiográfica y la expresión matemática del tanto por ciento. El modelo matemático I incluyó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de variación del largo radicular} = \{[(B * M) - A] \div (B * M)\} * 100$$

Donde:

A: promedio del largo radicular mesial y distal (definidos anteriormente), en la radiografía inicial.

B: promedio del largo radicular mesial y distal en la radiografía de seguimiento).

M: magnificación de la imagen, cociente del ancho mesiodistal entre ambos LAC de la radiografía inicial y la de seguimiento. Se colocó en el denominador la mayor medición. El valor de la magnificación se multiplicó por el valor de las mediciones de la radiografía magnificada. En la fórmula anterior se consideró magnificada la radiografía de seguimiento. De lo contrario, M se multiplica por A.

El modelo matemático II consideró la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de variación del ancho radicular} = \{[(D * M) - C] \div (D * M)\} * 100$$

Donde:

C: suma del ancho dentinario radicular mesial y distal, en la radiografía inicial.

D: suma del ancho dentinario radicular mesial y distal, en la radiografía de seguimiento.

M: descrita anteriormente en el modelo I

Y el modelo matemático III que incluyó como fórmula:

$$\text{Porcentaje de variación del diámetro apical} = \{[E - (F * M)] \div E\} * 100$$

Donde:

E: diámetro apical en la radiografía inicial.



F: diámetro apical en la radiografía de seguimiento.

M: descrita anteriormente en el modelo I.

La tabla 1 muestra la validación de aspecto y contenido, que el 100,0 % de los expertos respondieron en la categoría de mucho, en los 4 primeros ítems. El último aspecto incluido presentó un 6,6 y 93,3 % para las categorías de moderadamente y mucho, respectivamente. En las categorías nada y poco no se obtuvieron respuestas.

**Tabla 1-** Validación de aspecto y contenido

Criterios de Moriyama	Moderadamente		Mucho	
	n	%	n	%
Razonable y comprensible	-	0,0	15	100,0
Sensible a variaciones en el fenómeno	-	0,0	15	100,0
Suposiciones básicas justificables y razonables	-	0,0	15	100,0
Componentes claramente definidos	-	0,0	15	100,0
Deriva de datos factibles de obtener	1	6,6	14	93,3

La tabla 2 resume que no existieron diferencias significativas en la concordancia interobservador e intraobservador de las mediciones radiográficas radiculares, pues los valores de p fueron mayores que el nivel de significación 0,05.

**Tabla 2 -** Mediciones radiográficas radiculares según concordancia interobservador e intraobservador

Mediciones radiográficas radiculares	Concordancia interobservador p (probabilidad)*	Concordancia intraobservador p (probabilidad)**
Largo mesial	0,87	0,27
Largo distal	0,90	0,94
Ancho mesial	0,84	0,80
Ancho distal	0,93	0,13
Diámetro apical	0,90	0,73

\* Prueba Kruskal Wallis; \*\*Test de rangos con signo de Wilcoxon.



La figura 1 muestra las variaciones porcentuales de los modelos matemáticos según observadores. La media del MM I, II y III exhiben valores menores de 0,22 %, 0,48 % y 0,53 % respectivamente, las cuales son muy cercanas al valor nulo.

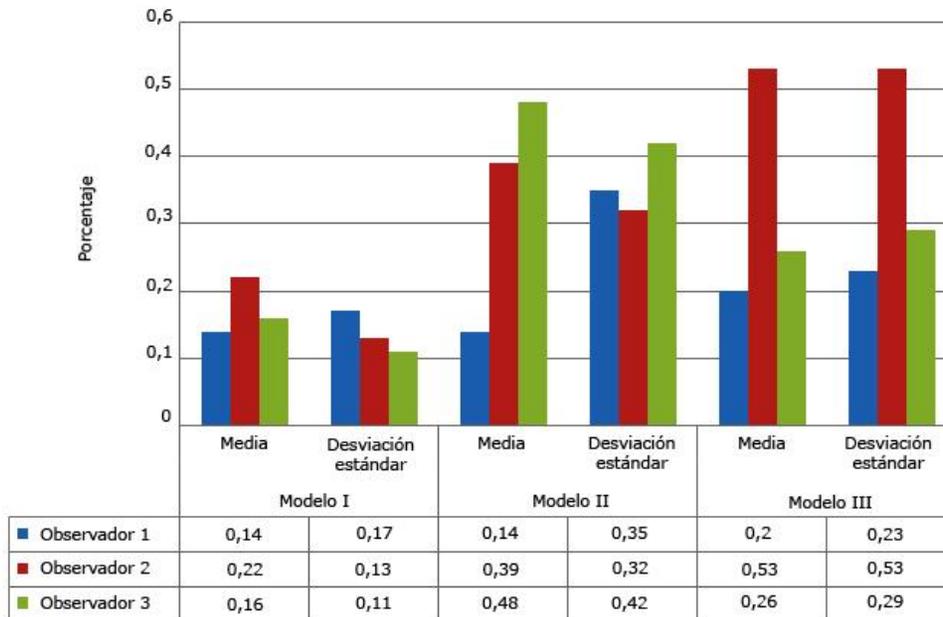


Fig. 1 - Modelos matemáticos según observadores.

## DISCUSIÓN

Los modelos matemáticos son empleados para analizar la relación entre 2 o más variables, para entender los fenómenos, lo cual puede servir para predecir el valor de las variables en un futuro, hacer hipótesis que puedan ser validadas o demostradas y evaluar los efectos de una determinada actividad.

En este sentido, *Cabrera* y otros<sup>(21)</sup> definen al MM como la representación simplificada de situaciones en las que se pretende encontrar los valores de las variables mediante ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas de un fenómeno. Sin embargo, *Sánchez* y otros<sup>(22)</sup> señalan que estos modelos constituyen la representación idealizada, expresada en términos de símbolos, expresiones matemáticas y sistemas de



ecuaciones relacionados; que describen la esencia del problema, posibilitando así tomar decisiones cuantificables.

Otro aspecto esencial, considerado en las propuestas de la presente investigación, es el de *Roldan PN*,<sup>(9)</sup> quien asegura que deben reunir una serie de características deseables como, simplicidad, objetividad, sensibilidad, estabilidad y universalidad.

En relación con la utilidad que se pretende lograr con estos modelos en la evaluación de los tratamientos endodónticos, *Nosrat* y otros<sup>(23)</sup> señalan que el objetivo ideal en pacientes con dientes inmaduros es la observación de la continuidad del desarrollo radicular; cuya tasa varía entre el 20 % y el 100 %. Este desarrollo radicular incluye el aumento del largo de la raíz, aumento del ancho de las paredes dentinarias radicales y cierre apical; indicadores que han sido evaluados con los 3 modelos matemáticos diseñados. *Cymerman* y otros<sup>(24)</sup> plantean que el aumento del largo de la raíz constituye una manifestación de desarrollo radicular. Esta es la principal ventaja clínica, ya que contribuye a la retención del diente en el alveolo. De igual modo, *Ong* y otros,<sup>(7)</sup> en una revisión sistemática sobre procedimientos regenerativos endodónticos, plantean que el 77,3 % experimentó un aumento en longitud de la raíz; el 80,6 % de los pacientes tratados con procedimientos regenerativos endodónticos mostraron incremento del ancho de las paredes dentinarias radicales. Estos procedimientos promueven un aumento promedio del 12 % en el grosor de la raíz y una disminución del 50 % en el diámetro apical. Por el contrario, en la pasada década, *Jadhav*, *Nagata*, *Nagy* y *Narang*, citados por *Ong* y otros,<sup>(7)</sup> para determinar el desarrollo radicular de los dientes estudiados, solo utilizaron la evaluación cualitativa o visual, lo que generó sesgos de interpretación.

Como otros métodos empleados, *Bose* y otros<sup>(8)</sup> utilizaron programas informáticos y paquetes de software para ajustar la angulación y calibrar el tamaño de la imagen. Además, midieron los cambios radiográficos en las dimensiones de la raíz. *Flake* y otros,<sup>(4)</sup> así como *Alobaid* y otros<sup>(25)</sup> intentaron mejorar el método de *Bose* y otros;<sup>(8)</sup> sin embargo los 3 métodos de medición presentaron ventajas variables, así como limitaciones.

*Sutam* y otros<sup>(5)</sup> compararon cuantitativamente los métodos de *Bose* y otros,<sup>(8)</sup> *Alobaid* y otros<sup>(25)</sup> y *Flake* y otros.<sup>(4)</sup> La confiabilidad de los 3 métodos fue muy similar. El aumento en el porcentaje del área radiográfica radicular no determinó si la longitud de la raíz o el ancho de la raíz han aumentado. Los



métodos de *Alobaid* y otros<sup>(25)</sup> *Bose* y otros<sup>(8)</sup> pudieron explicar el cambio del ancho y la longitud de la raíz con información clínicamente más relevante, y ambas técnicas fueron más simples de medir.<sup>(5)</sup>

Los autores consideran que es necesaria la identificación cuantitativa de los cambios dimensionales en la superficie radicular. Por consiguiente, esto permitirá extraer conclusiones pues pueden existir variaciones en el crecimiento mínimas, que no sean detectables con una simple visión del objeto, pero identificadas con el empleo de estos modelos matemáticos. Además, pueden emplearse como un instrumento de descripción, no solo en el estudio de los dientes permanentes inmaduros necrótico, si no en otras entidades nosológicas, en que se requiera detallar una estructura en diferentes momentos a través del tiempo. A su vez, contribuirá a elevar el grado de satisfacción de los profesionales al contar con métodos estandarizados en la atención a estos pacientes.

Sobre la validación de aspecto y contenido de los modelos diseñados, la consulta a los expertos coincidió con la opinión de que se trata de MM, que proporcionan un porcentaje de variación en largo, ancho y diámetro apical, entre la radiografía inicial y la de seguimiento. Además, permiten la evaluación del tratamiento, son comprensibles en relación con el fenómeno que se quiere medir (desarrollo radicular), posibilitan evaluar al individuo a cualquier etapa del desarrollo radicular, se justifica su construcción y contiene componentes claramente definidos, que garantizan recopilar datos factibles de obtener.

Según los resultados del análisis se observa que no hay diferencias entre las mediciones realizadas por los observadores, por lo que son confiables. Los estadígrafos calculados, con un margen de error del 5 %, permiten afirmar que no existen diferencias significativas entre la concordancia interobservador e intraobservador.

Las variaciones porcentuales de los modelos matemáticos propuestos en un momento en que no ocurrieron cambios morfológicos radiculares, arrojaron valores muy cercanos al valor nulo. Los autores consideran que estos resultados se atribuyen a que, en el proceso de selección de los puntos de medición, el puntero de señalización debió ser más pequeño, para la identificación exacta de la zona a medir, así como ligero temblor en las manos de los observadores implicados en las mediciones.

Resultados similares fueron presentados por *Bose* y otros<sup>(8)</sup> en el modelo propuesto. Los autores consideran que los MM son sensibles como para estimar resultados de tratamiento en casos de procedimientos regenerativos endodónticos o apexificación, y realizar comparaciones entre grupos. Estos



modelos permitirán una validación temprana del sistema mediante la identificación de dimensiones radiográficas radiculares.

Como limitaciones del estudio se señala el tamaño muestral, que estuvo supeditado a la factibilidad.

Se concluye que los modelos matemáticos diseñados son válidos y confiables para la identificación de las dimensiones radiográficas radiculares en dientes permanentes inmaduros necróticos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Canalda C, Berástegui E. Tratamiento del diente con el ápice inmaduro. En: Canalda C, Brau E. Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas. 4ed. España: Elsevier; 2019. pp. 913-48.
2. Abu ST, Alamoudi RA, Alothmani OS, Mokeem AA, Siddiqui AY. A Prospective Study of Long-Term Regenerative Endodontics Outcomes of Necrotic Immature Permanent Teeth: An 8-Year Follow-Up. *Healthcare*. 2021; 9(12):[aprox.10p.]. DOI: 10.3390/healthcare9121670
3. Hameed M, Gul M, Ghafoor R, Badar S. Management of Immature Necrotic Permanent Teeth with Regenerative Endodontic Procedures - A Review of Literature. *J Pak Med Assoc*. 2019 [acceso: 26/02/2022]; 69(10):1514-20. Disponible en: <https://jpma.org.pk/PdfDownload/9358>
4. Flake NM, Gibbs JL, Diogenes A, Hargreaves KM, Khan AA. A standardized novel method to measure radiographic root changes after endodontic therapy in immature teeth. *J Endod*. 2014; 40(1):46-50. DOI: 10.1016/j.joen.2013.09.025
5. Sutarn N, Jantararat J, Ongchavalit L, Sutimuntanakul S, Hargreaves KM. A comparison of 3 quantitative radiographic measurement methods for root development measurement in regenerative endodontic procedures. *J Endod*. 2018; 44(11):1665-70. DOI: 10.1016/j.joen.2018.08.001
6. Tong HJ, Rajan S, Bhujel N, Kang J, Duggal M, Nazzal H. Regenerative endodontic therapy in the management of nonvital immature permanent teeth: a systematic review-outcome evaluation and meta-analysis. *J Endod*. 2017 [acceso: 29/03/2021]; 43(9):1453-64. Disponible en: <https://eprints.whiterose.ac.uk/116748/1/Regenerative%20endodontic%20therapy%20in%20the%20management%20of%20non-vital%20immature%20permanent%20teeth.pdf>



7. Ong TK, Lim GS, Singh M, Fial AV. Quantitative assessment of root development after regenerative endodontic therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2020 [acceso: 20/03/2021]; 46(12):1-11. Disponible en:  
[https://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1114&context=lib\\_fac](https://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1114&context=lib_fac)
8. Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K. A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *J Endod.* 2009 [acceso: 12/04/2022]; 35(10):1343-9. Disponible en:  
[https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(09\)00576-7/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(09)00576-7/fulltext)
9. Roldan PN. Modelo matemático. *Economipedia, Definiciones.* 2019 [acceso: 21/12/2022]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
10. López R, Avello R, Palmeroa D, Sánchez S, Quintana M. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar.* 2019 [acceso: 11/04/2023]; 48 (supl 1):[aprox. 9 p.]. Disponible en:  
<https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390>
11. Jiménez R. Metodología de la investigación. Elementos básicos para la investigación clínica. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 1998. [acceso: 24/12/2021]. Disponible en:  
[http://socreuma.org.pe/images/documentos/E\\_Anexo\\_Texto\\_completo\\_Investigac.pdf](http://socreuma.org.pe/images/documentos/E_Anexo_Texto_completo_Investigac.pdf)
12. Guerra JA, Trujillo ZC, Coste J, Carmona JA, Fra I. Efectividad de los métodos radiográficos periapicales por paralelismo y bisección. *Rev Ciencias Médicas.* 2019 [acceso: 05/04/2023]; 23(5):654-63. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942019000500654&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942019000500654&script=sci_arttext&tlng=en)
13. Ministerio Educación Superior. Resolución 10/18. (GOC-2018-58-EX13). Reglamento para la aplicación de las categorías docentes de los centros autorizados a desarrollar superación profesional de posgrado. *Gaceta oficial de la República de Cuba No. 13.* 2018. [acceso: 05/04/2023]. Disponible en:  
<https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/gaceta-oficial-no-13-extraordinaria-de-2018>
14. Ministerio Educación superior. Resolución 140/19 (GOC-2019-776-O65). Reglamento de la educación de posgrado de la República de Cuba. *Gaceta oficial de la República de Cuba No. 65.* 2019.



[acceso: 05/04/2023]. Disponible en: <https://www.uh.cu/wp-content/uploads/2022/11/GOC-2019-O65.pdf>

15. Herrera JR, Calero JL, González MA, Collazo MI, Travieso Y. El método de consulta a expertos en tres niveles de validación. Rev Haban Cienc Méd. 2022 [acceso: 29/04/2023]; 21(1): e4711. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2022000100014&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2022000100014&lng=es)

16. Sosa MC, González MC, Fernández M. Capítulo 2. Sistema de salud cubano. Organización de los servicios estomatológicos. En: González G, Montero ME. Estomatología General. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2013. p. 18-28.

17. Silva LC, Alonso P. Explicación del tamaño muestral empleado: una exigencia irracional de las revistas biomédicas. Gac Sanit. 2013 [acceso: 29/04/2023]; 27(1):53-57. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112013000100009](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112013000100009)

18. González AM. Image J: una herramienta indispensable para medir el mundo biológico. Folium. 2018 [acceso: 26/04/2023]; 1:6-17. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/328253430\\_Image\\_J\\_una\\_herramienta\\_indispensable\\_para\\_medir\\_el\\_mundo\\_biologico](https://www.researchgate.net/publication/328253430_Image_J_una_herramienta_indispensable_para_medir_el_mundo_biologico)

19. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación. 6 ed. México: McGraw Hill Interamericana; 2014.

20. Rodríguez M, González L, Romero LI, Soto L. Validación de un modelo cefalométrico de predicción para el brote de los terceros molares. Rev Cubana Estomatol. 2021 [acceso: 25/03/2023]; 58(4):[aprox. 7 p.]. Disponible en: <https://revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/4010>

21. Cabrera R, Vitale AM. Papel de los modelos matemáticos en la formación profesional. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío. 2022 [acceso: 29/03/2023]; 34(1):312-8. Disponible en: <https://ojs.uniquindio.edu.co/ojs/index.php/riuq/article/view/1005/1538>

22. Sánchez HE, Ramos LB, Galindo PA, Salgado A. Modelación físico-matemática para la toma de decisiones frente a la COVID-19 en Cuba. Scielo preprint. 2020 jun [acceso: 01/04/2023]; 14(2):55-86. Disponible en: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/815/version/860>

23. Nosrat A, Kolahdouzan A, Khatibi AH, Verma P, Jamshidi D, Nevins AJ, et al. Clinical, radiographic and histologic outcome of regenerative endodontic treatment in human teeth using a novel



collagen-hydroxyapatite scaffold. J Endod. 2019 [acceso: 09/05/2022]; 45(2):136–43. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30711168/>

24. Cymerman JJ, Nosrat A. Regenerative endodontic treatment as a biologically based approach for non-surgical retreatment of immature teeth. J Endod. 2019 [acceso: 09/05/2022]; 46(1):44–50. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31740065/>

25. Alobaid AS, Cortes LM, Lo J, Nguyen TT, Albert J, Abu-Melha AS, et al. Radiographic and clinical outcomes of the treatment of immature permanent teeth by revascularization or apexification: a pilot retrospective cohort study. J Endod. 2014; 40(8):1063-70. DOI: 10.1016/j.joen.2014.02.016

## Conflictos de interés

Los autores del presente artículo declaran no tener conflictos de interés.

## Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Elizabeth Santiago Dager*.

Curación de datos: *Elizabeth Santiago Dager, Rose Mary Roll Miranda*.

Análisis formal: *Lázaro Ibrahim Romero García*.

Investigación: *Elizabeth Santiago Dager, Rose Mary Roll Miranda, Liuba González Espangler, Olivia de la Caridad Jiménez Muñoz*.

Metodología: *Elizabeth Santiago Dager, Lázaro Ibrahim Romero García, Liuba González Espangler*.

Administración del proyecto: *Elizabeth Santiago Dager*.

Recursos: *Rose Mary Roll Miranda*.

Supervisión: *Liuba González Espangler*.

Validación: *Elizabeth Santiago Dager, Rose Mary Roll Miranda*.

Visualización: *Elizabeth Santiago Dager*.

Redacción – borrador original: *Elizabeth Santiago Dager, Liuba González Espangler*.

Redacción – revisión y edición: *Elizabeth Santiago Dager, Liuba González Espangler*.

