

ESTUDIO DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICE ELECTRÓNICOS

***Desde 2009- abril 2020:
una Revisión Sistemática***

“Accuracy of Electronic Apex Locators: A Systematic Review”

TRABAJO FIN DE MÁSTER

“Máster en Odontología Restauradora, Estética y Funcional”

Universidad de Sevilla

Junio 2020



Autora: Ana Isabel Gómez Triana

Tutores: Manuela Herrera Martínez

Camilo M. Ábalos Labruzzo



Facultad de Odontología



Dña. Ana Isabel Gómez Triana con DNI 26504394-E alumno/a del Máster Oficial en Odontología Restauradora, Estética y Funcional de la Facultad de Odontología (Universidad de Sevilla), autor/a del Trabajo Fin de Máster titulado: *“Estudio de la precisión de los localizadores electrónicos de ápice desde 2009- abril 2020: una revisión sistemática”*

DECLARA:

Que el contenido de mi trabajo, presentado para su evaluación en el Curso 2019-2020, es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de Marzo de 2019)

APERCEBIMIENTO:

Quedo advertido/a de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de **NO APTO** y que **asumo las consecuencias legales** que pudieran derivarse de dicha actuación.

Sevilla 2 de junio de 2020

Fdo. Ana Isabel Gómez Triana



Departamento de Estomatología
Facultad de Odontología



Medalla y Encomienda
Orden Civil de Sanidad

D. Camilo Manuel Ábalos Labruzzi, Licenciado en Medicina y Cirugía, Doctor en Odontología por la Universidad de Sevilla, Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Estomatología y

Dña. Manuela Herrera Martínez, Licenciada en Medicina y Cirugía, Especialista en Estomatología por Universidad de Granada y Profesor Ayudante Doctor del Departamento de Estomatología,

Como directores del Trabajo Fin de Máster Oficial en Odontología Restauradora, Estética y Funcional **CERTIFICAN:**

Que el presente trabajo titulado *“Estudio de la precisión de los localizadores electrónicos de ápice desde 2009- abril 2020: una revisión sistemática”*, ha sido realizado por **Dña. Ana Isabel Gómez Triana**, como Trabajo Fin de Máster, durante curso académico 2019-20 en la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla; bajo nuestra dirección y cumple a nuestro juicio, todos los requisitos necesarios para ser presentado y defendido como Trabajo Fin de Máster.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firman el presente documento en Sevilla a 2 de junio de 2020.

Tutora:
Fdo. Manuela Herrera Martínez

Cotutor :
Fdo. Camilo Manuel Ábalos Labruzzi

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores Dr. D. Camilo M Ábalos Labruzzi y Dra. Dña. Manuela Herrera Martínez, por haberme brindado su ayuda y tutelarme en este trabajo. Ambos son excelentes como docentes y como personas.

Me gustaría dar las gracias por su comprensión, apoyo, paciencia, por las incansables horas de trabajo, por estar siempre disponibles para cualquier cuestión o consulta, por la facilidad para resolverme dudas y su capacidad de transmitir los conceptos de forma clara y concisa.

En segundo lugar, agradecer a mis padres, hermano y familiares porque gracias a ellos he podido recorrer este camino, y por su apoyo incondicional.

En tercer lugar, a mis compañeros del máster. En especial a mi compañero de prácticas y amigo Alberto Cabrera, por su ayuda y apoyo durante este curso.

Por último, agradecer al resto de profesores del máster por su excelente labor como docentes, y al personal de administración y servicios de la Facultad de Odontología de Sevilla.

“El mundo quiere vivir en la cima de la montaña, sin saber que la verdadera felicidad está en la forma de subirla”

Gabriel García Márquez

INDICE

Resumen	1
Abstract	2
I. Introducción	3
II. Planteamiento del Problema / Objetivos	5
III. Material y Método	6
3.1 Estrategia de Búsqueda	6
3.2 Criterios de selección	7
3.3 Selección de datos	7
IV. Resultados.....	8
V. Discusión	17
6. Conclusiones	24
7. Bibliografía.....	25
8. Anexo – Tablas	31

* * *

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: Tradicionalmente, el método más usado para determinar la longitud de trabajo (LT) era la radiografía convencional. Sin embargo, esta técnica ha quedado sustituida por el uso de los localizadores de ápice (EALs), los cuales son más precisos y además no exponen a radiación. Actualmente se empiezan a implementar nuevos métodos como el CBCT.

OBJETIVOS: Revisar la bibliografía sobre EALs desde 2009 hasta abril de 2020. Conocer las variables que influyen en la precisión de los EALs. Comparación de la precisión de los EALs con otros métodos para determinar la LT.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica con los términos “apex locators” OR “electronic apex locator”. Una vez elegidos se clasificaron en tablas. En primer lugar, atendiendo a los datos de cada estudio y posteriormente por temáticas (variables) comparables entre estudios.

RESULTADOS: Aplicando los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron un total de 82 artículos. Brasil, Turquía y España encabezan la lista de países con más publicaciones sobre EALs. La mayor parte de los estudios son in vitro y se concentran en los años 2009-2010. La variable más estudiada fue “aparatos”, mientras que la menos estudiada fue “patologías/alteraciones del diente”.

CONCLUSIONES: Actualmente, los EALs son el método más preciso, seguro, fiable y reproducible para determinar la LT tanto en dientes definitivos como temporales y con ápice inmaduro. Los localizadores de ápice disminuyen su precisión a medida que aumenta el diámetro de la CA. No obstante, el diámetro crítico al que dejan de ser precisos está muy lejos de los valores promedios. Son necesarios más estudios que clarifiquen la influencia de determinadas variables en la precisión de los EALs y que evalúen la eficacia de otros métodos más novedosos como el CBCT. Quedan al descubierto nuevos puntos de partida interesantes para futuras investigaciones.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Traditionally, radiography has been the main method used in regard to working length (WL) determination. Nonetheless, it has been replaced for EALs, which are more accurate and does not implies radiation exposure. Moreover, nowadays new methods like CBCT are being implemented.

AIM: Systematic Review concerning EALs from 2009 to April 2020. Evaluation of the variables that have an influence on EALs accuracy. EALs´ accuracy comparison with others methods when determining the WL.

MATERIAL AND METHODS: An electronic literature search was conducted using a combination of the terms “apex locators” OR “electronic apex locators”. Eligible articles were classified on charts, based on articles datum, and subsequently, according to comparable variables between articles.

RESULTS: Overall, 82 studies met the inclusion criteria and were subjected to further data extraction. Brazil, Turkey and Spain lead the countries list with a greater proportion of articles published about EALs. The majority of articles were in vitro and gathered in 2009-2010. The most frequently variable assessed was “devices”, whilst “dental pathology/variations” represented the minority.

CONCLUSIONS: Currently, there is clear evidence that EALs are the most accurate, reliable and reproducible method when it comes to WL measurement; Regarding both definitive and primary teeth as well as immature apex teeth. EALs´ accuracy decreases as apical constriction (AC) diameter widens. Nevertheless, the critical diameter to which EALs stop being accurate, is far away from average values. To conclude, there is a need to clarify the influence of certain variables on EALs accuracy, and further investigations are requested in order to assess the effectiveness of new methods like CBCT. Interesting starting points are revealed for future investigations.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los estudios más exhaustivos que se han llevado a cabo acerca de la anatomía apical fue el de Kuttler, Y. en 1955 [1]. A partir del mismo se establecieron una serie de principios: el diámetro más estrecho del conducto no se encuentra en el punto de salida del mismo, sino que suele localizarse en la dentina, justo antes de las primeras capas del cemento dentario, es por eso que es denominada también unión cemento-dentina; la longitud media entre la unión cemento-dentinaria y el foramen apical es de 0,52mm en jóvenes y 0,63mm en pacientes de avanzada edad; la zona de la constricción apical se forma mediante dos conos enfrentados por el vértice, uno dentinario, con base en la entrada del conducto y vértice en la unión cemento-dentinaria y otro cono cementario, con base en el foramen apical y vértice en la unión cemento-dentinaria.

La constricción apical es la zona más estrecha del conducto radicular. La forma y localización de la misma son variables. La importancia de la constricción apical (CA) radica en que éste será el punto que nos determinará la longitud de trabajo durante el tratamiento endodóntico y nos establecerá por tanto el punto límite hasta el que debe instrumentarse y posteriormente obturar [2]. Es por ello que jugará un papel crucial a la hora de garantizarnos el éxito clínico. De esta forma, la preparación del conducto se llevará a cabo teniendo en cuenta el sellado de la constricción apical como garantía de una óptima obturación apical [3].

La longitud de trabajo (LT) se conoce como la distancia que existe desde un punto de referencia situado a nivel coronal hasta la constricción apical. Una correcta determinación de la longitud de trabajo es de suma importancia, ya que sólo una obturación precisa que garantice el sellado apical y coronal, será sinónimo de éxito clínico. Una sobreestimación de la LT resultará en una irritación de los tejidos periapicales, mientras que una subestimación de la misma conducirá a la no eliminación total de los gérmenes o contaminación posterior, que provocará agudizaciones y/o recidivas del proceso infeccioso. No obstante, ambas serán sinónimo de fracaso endodóntico [2,4].

Tradicionalmente, el método más usado para determinar la LT era la radiografía convencional. Sin embargo, esta técnica ha quedado sustituida por el uso de los localizadores de ápice (EALs), los cuales son más exactos, precisos y además no suponen una exposición a radiación. Además, actualmente se comienzan a utilizar también otros métodos para determinar la LT, como el CBCT, el cual no altera la CA, pero expone al paciente a una elevada radiación.

No obstante, aunque las ventajas de los localizadores de ápice son múltiples, aún son muchas las variables que influyen en la precisión, seguridad y fiabilidad de los localizadores que aún deben ser estudiadas y analizadas en mayor profundidad.

La importancia de este estudio radica en revisar la bibliografía existente en los últimos diez años (2009-2002) para determinar cómo se encuentra el conocimiento científico de dichas variables; Comparación de métodos de otros métodos de medición de la LT vs localizadores de ápice, funciones específicas de los EAL, influencia de medios e irrigantes, del tamaño y material de las limas, aquellos factores relacionados con el foramen apical , así como la precisión de los EALs en dientes temporales.

De esta forma, nos acercamos a conocer cómo se encuentra actualmente el conocimiento de la precisión y seguridad de los localizadores de ápice, cuáles son las limitaciones conocidas en los últimos 10 años y la dirección en la que deben ir encaminados futuros estudios e investigaciones con la finalidad de proporcionar un completo y exhaustivo conocimiento de la seguridad y precisión de los EALs y de los factores que influyen en las mismas.

* * *

II. OBJETIVOS

Las metas que nos marcamos con este trabajo de revisión bibliográfica son:

1. Revisar toda la bibliografía existente desde 2009 hasta el 10 de mayo de 2020 de las publicaciones de relieve internacional sobre esta temática.
2. Catalogar las publicaciones según su procedencia, temática, tipos de estudio, distribución por años y relevancia científica.
3. Estudiar las variables: medio electroquímico, localizador de ápice, patologías/alteraciones del conducto, limas de medición, Foramen apical, dientes temporales; para ver en qué medida influyen en la precisión y seguridad de los EALs.
4. Conocer los estudios que comparan los EALs con otros métodos, para saber la precisión y seguridad de los EALs en relación con otros sistemas de medición de la longitud de trabajo.
5. Conocer las limitaciones actuales de los EALs para indicar donde existen las lagunas en el conocimiento para indicar en que campos son aconsejables la investigación y estudios futuros.

* * *

III. MATERIAL Y MÉTODO

Para alcanzar los objetivos planteados en esta revisión bibliográfica, se ha desarrollado la siguiente metodología:

Estrategia de búsqueda.

Las bases de datos consultadas para la búsqueda de publicaciones fueron MEDLINE/PubMed, Wiley Online Library, Web of Science y Scopus. Los términos Mesh y palabras clave empleadas fue la siguiente:

[apex locator OR apex locators OR electronic apex locator] (Tabla 1).

Tabla 1.

Combinación de términos Mesh y palabras clave utilizados para la búsqueda bibliográfica

("apex"[All Fields] AND locator[All Fields]) OR ("apex"[All Fields] AND locators[All Fields]) OR ("electronics"[MeSH Terms] OR "electronics"[All Fields] OR "electronic"[All Fields]) AND "apex"[All Fields] AND locator[All Fields]

Para la búsqueda manual se seleccionaron la revistas de mayor relevancia (Q1), relacionadas con la temática, en la categoría “Dentistry, oral surgery & medicine” del Journal Citation Report del ISI-Web of Science: *Journal of Dental Research*, *International Endodontic Journal*, *Journal of Dentistry*, *Journal of Endodontics*, *International Journal of Oral Sciences* *Journal of American Dental Association*, *Clinical Oral Investigations*, en las que se seleccionaron los artículos que cumplían los criterios de inclusión (Tabla 2).

Operadores y criterios de inclusión-exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión para la selección de los artículos se indican en la tabla 2. Respecto a los operadores, había dos operadores (OP1: AG y OP2: CA) y un tercer operador experto (OP3: MHM) para dilucidar las discrepancias entre OP1-OP2. El procedimiento se aplicó primero a la selección por los Títulos, tanto a la búsqueda electrónica como la manual, después a los resúmenes y, por último, a el texto completo de los artículos. Se seleccionaron los que cumplían los criterios de inclusión y se descartaban los que cumplían con los criterios de exclusión. En la primera fase de la selección se excluían los títulos duplicados.

Tabla 2.

Criterios de inclusión y exclusión para la selección de Títulos, Resúmenes y Artículos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
1. Estudios sobre precisión de EALs.	1. Otros estudios
2. Variables: medios electroquímicos, patologías, limas, foramen apical.	2. Otras variables
3. Estudios comparativos con otros métodos.	
3. Dientes humanos.	3. Dientes en animales
4. Estudios en inglés.	4. Otros idiomas
5. Estudios en JCR	5. Estudios en otras indexaciones.

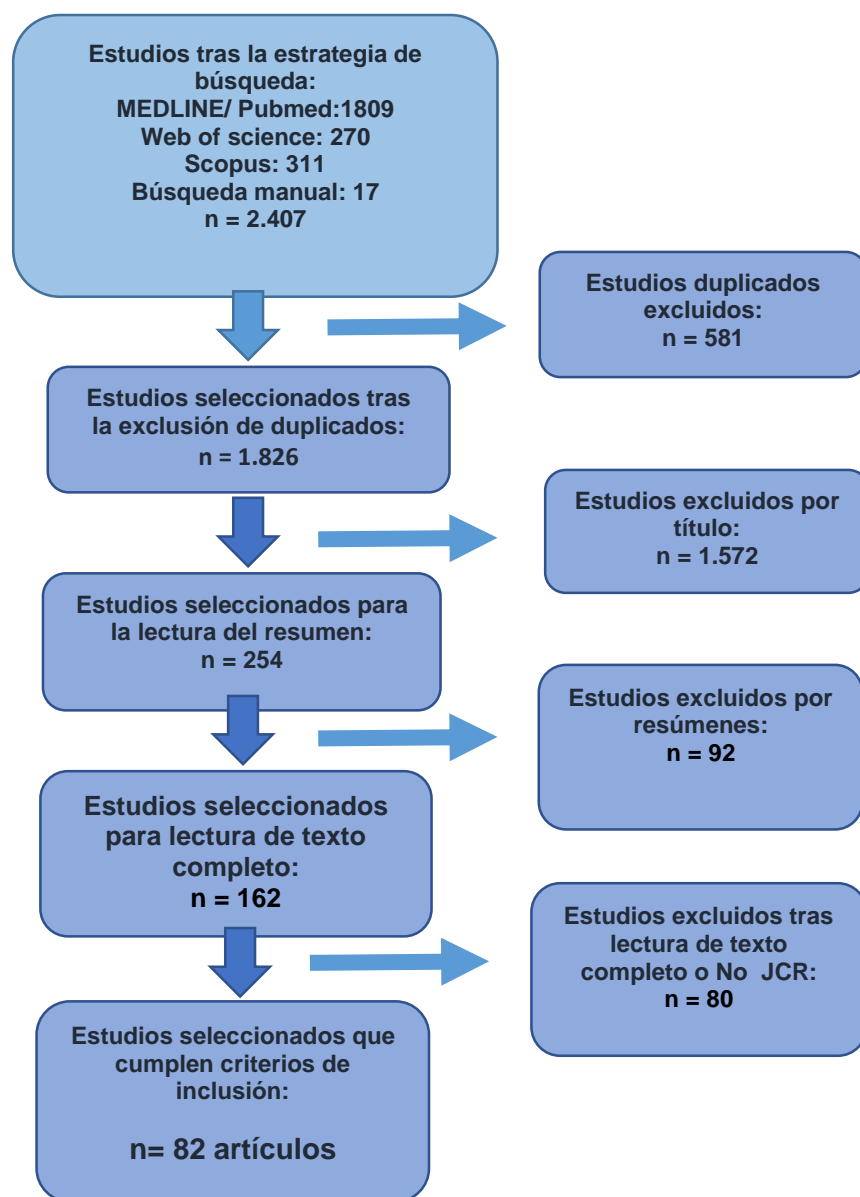
Selección de datos

Una vez elegidos los artículos, los aspectos seleccionados de cada investigación eran sintetizados, analizados y expresados en tablas agrupados por temáticas (variables) comparables entre estudios. Las tablas se construían atendiendo a dos categorías. La primera: datos relacionados con la metodología empleada, donde se seleccionaba: *Título, Autores- año, país, revista, indexación, objetivo del estudio*. La segunda categoría corresponde a “*los resultados*”, de los artículos seleccionados.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos, una vez aplicada la metodología y la estrategia de búsqueda, fueron 82 artículos seleccionados para los EALs como prueba diagnóstica para establecer la Longitud de Trabajo y en relación a las variables del estudio (Fig. 1).

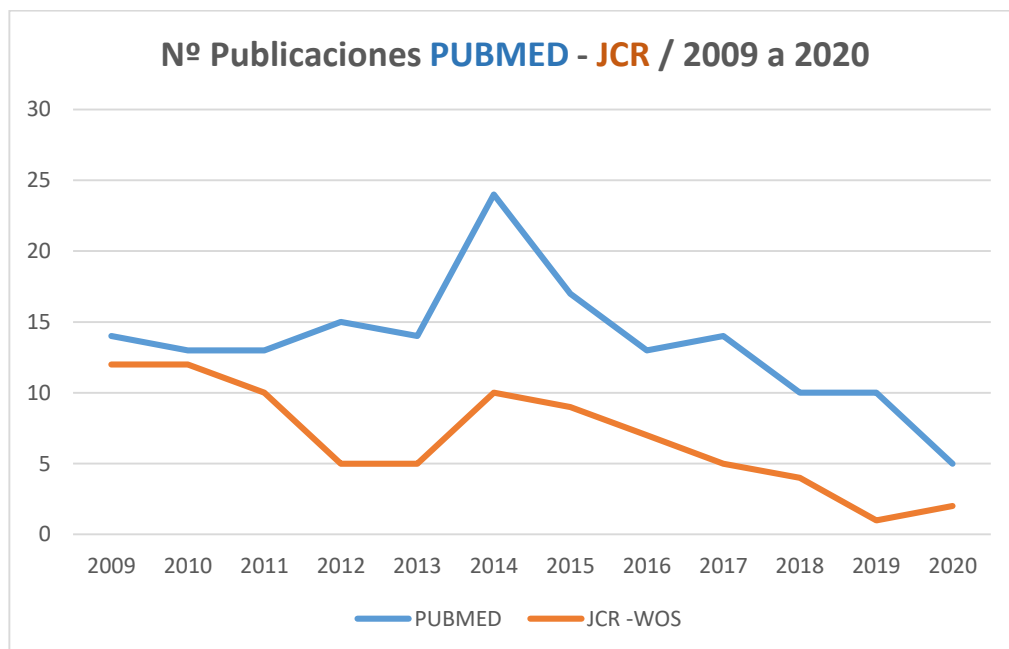
Figura 1. Resultados del proceso de selección bibliográfica de las publicaciones.



Los motivos de exclusión fundamentalmente se debieron a que no se referían a los EALs como estudio de su precisión y seguridad para determinar la longitud del conducto radicular (LT) y, si lo hacían, no presentaban resultados de la validez, seguridad, precisión o reproducibilidad de la prueba. De los que cumplían los requisitos, 162 estaban en PUBMED y, de ellos, 80 no estaban dentro del Journal Citation Report del ISI- Web Of Science. De esta manera, las publicaciones que finalmente fueron seleccionadas, una vez aplicada la metodología y la estrategia de búsqueda, fueron 82 artículos (Fig 1).

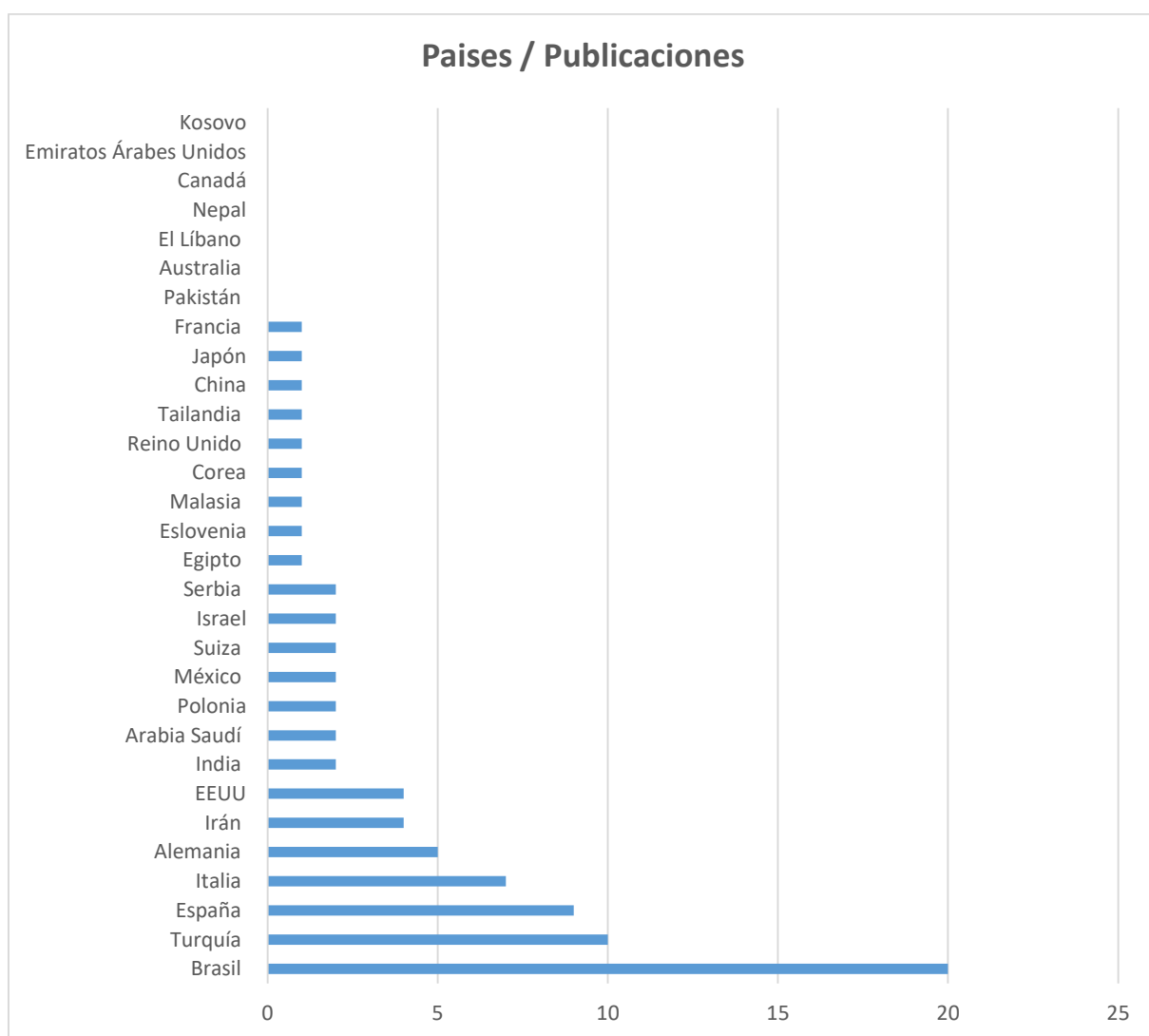
De todos estos artículos y respecto a su distribución en el tiempo, en la Figura 2 describimos la frecuencia de estas publicaciones por años en el periodo de tiempo desde 2009 a 2020, tanto en PubMed como en JCR-WOS. La mayor frecuencia de publicaciones se sitúa en 2014, aunque específicamente para las publicaciones en JCR, se sitúa en 2009-10. Habiendo también un repunte de la frecuencia en 2014 para las investigaciones en JCR. A partir de 2015 se observa un descenso de la frecuencia, tanto para PubMed como para JCR.

Figura 2. Distribución de publicaciones PubMed/JCR-OOS entre 2009-2020



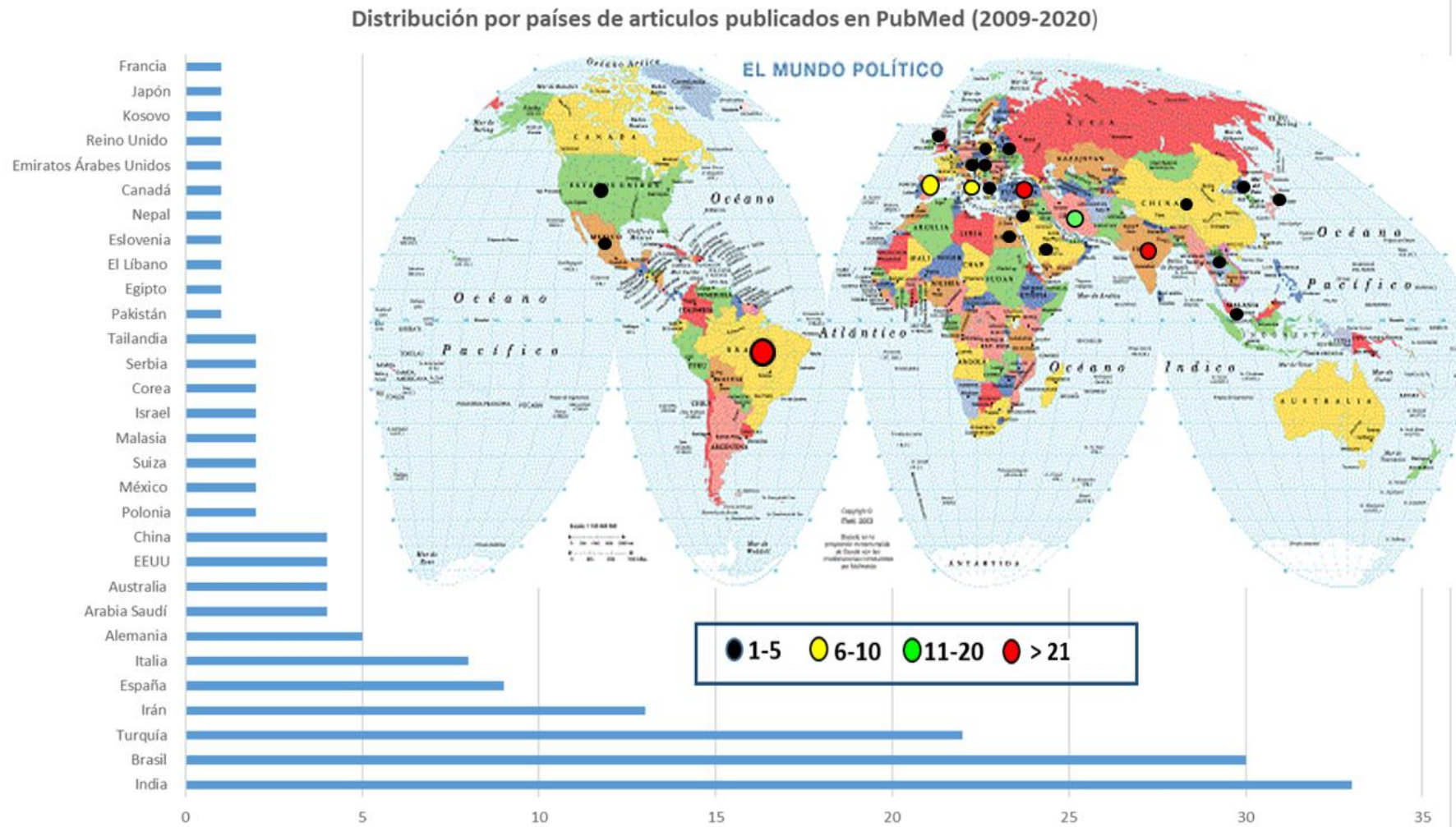
En cuanto a la distribución por países observamos en la Figura 3 como la mayor frecuencia para artículos publicados en JCR-WOS la ostenta Brasil con 20 publicaciones, seguida de Turquía con 10 y España, en el tercer lugar, con 9. Excepto Italia con 7 publicaciones el resto de países, con artículos en JCR, tiene entre 1 y 5 artículos (Fig. 3).

Figura 3. Distribución por países de las publicaciones en JCR entre 2009-2020



En la Figura 4 se representan los 162 estudios en PubMed, según el país de origen de la publicación. En este caso, India e Irán tienen un alto índice de publicaciones en PubMed, no observado en JCR; Brasil (2º), Turquía (3º), España (5º) e Italia (6º) siguen estando en lo alto de la tabla. El resto de países, que tiene publicaciones, cuentan con entre 1 y 5 artículos (Fig. 4).

Figura 4. Distribución por países-PubMed



Respecto a los tipos de estudio, en la Tabla 4 podemos observar su distribución por años. Los estudios más frecuentes son los in vitro, representando un 69.5% del total. Sin embargo, los estudios in vivo representan 26.8%.

Tabla 4. Tipos de estudio en JCR-WOS entre 2009-2020.

AÑO	Revisiones	In Vitro	In Vivo	TOTAL JCR
2009	0	8	4	12
2010	0	10	2	12
2011	0	6	4	10
2012	0	1	4	5
2013	1	3	1	5
2014	0	7	3	10
2015	2	5	2	9
2016	0	6	1	7
2017	0	5	0	5
2018	0	4	0	4
2019	0	1	0	1
2020	0	1	1	2
TOTAL	3	57	22	82

Los 82 artículos que se encontraban dentro del Journal Citation Report del ISI- Web Of Science y objeto de la revisión bibliográfica, se clasificaron 7 variables según la temática principal de sus objetivos. Estas variables fueron: *métodos*, *aparatos*, *irrigantes*, *foramen apical*, *limas*, *patologías y/o alteraciones de los dientes y dientes temporales*. Aquellos estudios cuya temática abarcaba más de una variable se incluyeron en varias tablas.

En relación a la variable **métodos** (Tabla 5) se incluyeron aquellos estudios cuya temática tenía que ver con la comparación de la medición de la longitud de trabajo mediante el uso de localizadores de ápice con otros métodos, como el CBCT, micro-CT, radiografía convencional y radiovisiografía. Esta variable es la segunda con mayor frecuencia de estudios (n=13)

De estos 13 estudios, 4 tratan sobre CBCT, 9 sobre radiografía convencional, 1 sobre micro-CT y 1 sobre radiovisiografía. Todos ellos, hacían una comparación con la precisión de estos métodos en relación a los EALs. La mayoría (4) fueron publicados en 2010, y la frecuencia fue disminuyendo con los años; 2 en 2011, 1 en 2014, 1 en 2015, 1 en 2016, 1 en 2017 y 2 en 2018. Del total, 1 es in vivo, 4 ex vivo y 8 in vitro.

Los resultados de estos estudios (Tabla 5) reflejan que los localizadores de ápice tienen una precisión alrededor del 90% (tolerancia de ± 0.5 mm) para determinar la longitud de trabajo. Los EALs presentan porcentajes más altos de precisión que la radiografía convencional y digital. En cuanto a los pocos y recientes estudios que comparan el CBCT con los localizadores de ápice, el CBCT presenta un porcentaje de precisión menor, aunque diferencias estadísticamente no significativas. No se encontraron diferencias significativas al compararlos con la radiovisiografía.

En la variable **aparatos** (Tabla 6) se incluyeron aquellos artículos en los que la temática principal era analizar la fiabilidad, seguridad, precisión y/o reproductibilidad clínica de uno o varios modelos de EALs y/o comparaciones entre ellos. Así como los estudios relacionados con una función específica de los localizadores (función auto-stop, auto reverse) y la influencia de la preparación mecánica y/o rotatoria en la precisión de los mismos.

En la Tabla 6, se exponen 42 estudios, representando la variable con la mayoría de los estudios seleccionados. La mayoría fueron publicados en 2009, y la frecuencia de publicación sobre estos temas fue disminuyendo a medida que pasaron los años. La mayoría son estudios in vitro/ex vivo (28), seguidos por estudios in vivo (12) y 2 revisiones sistemáticas.

La mayoría de los estudios hacen una comparación entre la precisión de varios modelos y/o marcas de localizadores de ápice y coinciden en que no existen diferencias significativas a la hora de determinar la longitud de trabajo y localizar el foramen apical. Tampoco existen diferencias significativas en los estudios que hacen comparaciones in vitro e in vivo. La mayoría de ellos tiene un coeficiente de reproductibilidad adecuado. Sin embargo, algún estudio aislado hace referencia a una mayor precisión de unos localizadores (Root ZX y Element Diagnostic) frente a otros (Just II). Otros, sin embargo, indican como más precisos a Endex y Propex II frente a Root ZX (Tabla 6).

En cuanto a los pocos estudios que evalúan la función *auto apical reverse* observan valores bajos de precisión, indicando que no es un método preciso para controlar la extensión apical de la instrumentación rotatoria in vivo. Los hallazgos muestran una sobreinstrumentación en la mayoría de los casos y una determinación adecuada de la longitud de trabajo únicamente en el 50% de los casos (Tabla 6).

Por otro lado, los estudios que hacen comparaciones sobre la precisión de los localizadores en dientes anteriores y posteriores revelan que son menos precisos en dientes anteriores y molares que en los premolares. No obstante, otro estudio relacionado con lo mismo establece que no hay diferencias significativas en los diferentes grupos o tipos de dientes (Tabla 6).

Los estudios que evalúan los localizadores de ápices controlados rotatoriamente vs manualmente, concluyen que, aunque la función rotatoria es clínicamente segura, las mediciones obtenidas manual y rotatoriamente no son equivalentes. Las mediciones manuales de la longitud de trabajo tienden a ser más cortas que las medidas de forma rotatoria (Tabla 6).

Como resultados, también refieren los artículos que los EALs son precisos y seguros a la hora de medir la longitud de trabajo y las faltas de consistencia o precisión suelen deberse a obliteración total o parcial de los conductos radiculares (Tabla 6).

La variable **irrigantes** (Tabla 7) clasifica aquellos estudios cuya temática incluía cualquier líquido, fluido o viscoso, como: medicamentos intraconducto, irrigantes, disolventes que pudieran alterar la electroconductividad del medio. En total se clasificaron 10 estudios. La mayoría se publicaron en 2013 y encontramos 6 in vitro, 2 in vivo y 2 revisiones sistemáticas.

En cuanto a los resultados, todos los estudios (Tabla 7) coinciden en que los irrigantes no influyen ni alteran la precisión de los localizadores de ápice de tercera y cuarta generación, por lo que su correcto funcionamiento no se verá afectado por los mismos. No obstante, estudios más recientes (2017) sí que indican que existen diferencias significativas en cuanto a la precisión mostrada con el uso de diferentes irrigantes, siendo mayor la precisión cuando se usa EDTA y siendo menor cuando se usa NAOCl.

Por otro lado, los estudios que tratan sobre disolventes, aun estando publicados en el mismo año (2013) presentan resultados discrepantes. Por un lado, encontramos

resultados que indican que la precisión de los localizadores no se ve afectada por disolventes como cloroformo, disolvente de naranja y eucaliptol. Sin embargo, otros estudios hablan sobre que la precisión podría verse afectada y por tanto el operador debe ser especialmente cuidadoso en los retratamientos (Tabla 7).

En la variable **foramen apical** (Tabla 8) se incluyeron los estudios que trataban sobre el diámetro crítico del foramen apical, permeabilidad apical (*patency*), foramen apical obstruido, foramen apical en retratamientos, influencia de los factores morfológicos en la precisión de los localizadores. La Tabla 8 incluye un total de 6 artículos, los cuales fueron publicados en su mayoría en 2014. La mayoría (4) son in vitro y 2 de ellos ex vivo. Los resultados de los estudios están relacionados principalmente con la relación del diámetro del foramen apical y la precisión de los localizadores.

Cabe destacar, como resultado más llamativo, que la precisión de los localizadores disminuye a partir de 0,6 mm. a medida que aumenta el diámetro de la constricción apical. Se considera que la precisión del localizador para un foramen apical de 0,6mm es del 99% con una tolerancia de ± 1 mm. El diámetro crítico considerado para la precisión de los mismos sería 0,8mm ya que, para un diámetro de 0,9mm o más dejarían de ser precisos. Por otro lado, otros estudios nos indican que se especula una mayor precisión cuando el foramen mayor se encuentra en una posición lateral (Tabla 8).

Respecto a las **limas** (Tabla 9) se incluyeron aquellos estudios que trataban de todo lo relacionado con las limas como instrumento de medición: influencia del tamaño de las limas, tipos y material (acero inoxidable, Ni-Ti), manuales o rotatorias, etc. y en la precisión de los localizadores de ápice. Se encontraron 4 estudios en total, los cuales son todos in vitro y publicados en 2010,2011,2016 y 2018.

Los resultados de estos estudios se centran principalmente en la influencia del tamaño y el material de la lima en la precisión de los localizadores de ápice a la hora de determinar la longitud de trabajo. Los estudios concluyen que hasta un diámetro de foramen apical de 0.6mm la precisión es independiente del tamaño de la lima, sin embargo, para diámetros mayores (0,7-0,8 mm) debe ajustarse el tamaño de la lima al diámetro apical. A partir de 0,9 mm da igual ajustar la lima, ya que el EALs no es preciso (Tabla 9).

En cuanto al material, los estudios más recientes (2018) indican que las limas NiTi muestran una desviación mayor en la medición que las de acero inoxidable. Mientras que, por otro lado, estudios más antiguos (2010) indican que no hay diferencias significativas entre ambas (Tabla 9).

En la variable **patologías / alteraciones del diente** (Tabla 10) se incluyeron los estudios cuya temática era analizar la influencia de las variaciones anatómicas como conductos curvos y de las lesiones periapicales u otras patologías en la precisión de los localizadores de ápice. Esta variable es la menos estudiada en relación al resto de variables. Se incluyen solamente 3 estudios llevados a cabo en 2016 y 2018, todos ellos in vitro.

En cuanto a los resultados principales, en primer lugar, encontramos los relacionados con los parámetros anatómicos. El único parámetro anatómico que influyó de forma negativa a la precisión de un localizador de ápice fue la presencia de un foramen lateral, mientras que por ejemplo no se encontraron diferencias significativas a la hora de determinar la longitud de trabajo en conductos curvos. Por otro lado, en lo que se refiere a la influencia de lesiones periapicales de gran tamaño, tampoco se encontraron diferencias significativas (Tabla 10).

La variable **dientes temporales** (Tabla 11) se clasificó los estudios que estudiaban la precisión de los localizadores en dientes temporales o que hacían comparaciones de la misma entre dientes temporales y definitivos. En total se clasificaron 7 estudios, entre los cuales encontramos diversas metodologías: 1 vivo, 4 vitro/ex vivo y una revisión sistemática. La mayoría de ellos fueron publicados en 2015.

El resultado principal de estos estudios, y además común a todos ellos, nos indica que la precisión de los localizadores de ápice en los dientes temporales es adecuada y que además no se ve afectada por la reabsorción radicular fisiológica. Observando una precisión del 96.7% con una tolerancia de $\pm 0,5\text{mm}$ (Tabla 11).

Las tablas 5 a 11, que representan la parte más relevante de este estudio están incluidas en el ANEXO - TABLAS, para consulta del lector y abundar en el conocimiento de los resultados. Dada su magnitud, entendemos que si fueran incluidas a continuación supondrían una interrupción demasiado extensa en el texto de este trabajo.

V. DISCUSION

En relación a la selección de los artículos y dada su magnitud inicial, nos hemos centrado en los artículos de mayor relevancia, entendiendo que estos se encuentran en la Web Of Sciences, categoría “Dentistry, oral surgery & medicine” dentro del listado del Journal Citation Report. Los motivos de exclusión fundamentalmente se debieron a que no se referían a los EALs como estudio de su precisión y seguridad para determinar la longitud del conducto radicular (LT) y, si lo hacían, no presentaban resultados de la validez, seguridad, precisión o reproducibilidad de la prueba.

En cuanto a la distribución en el tiempo, desde 2009 a la actualidad observamos una mayor producción en los años 2014-25 y un descenso hasta 2020. Estas características de la curva las interpretamos como resultado de que se han ido resolviendo, en gran medida, los factores que hacían que los EALs no fueran precisos en determinadas circunstancias. Siendo actualmente muy seguros y sólo ante perforaciones laterales, diámetros anchos o conductos contaminados con sangre pueden dar medidas no fiables. Es decir, muchos temas de investigación actualmente están agotados por haberse resuelto.

En cuanto a la distribución por países, si comparamos nuestros resultados en los EALs con las temáticas generales de publicación a nivel mundial, donde EEUU y algunos países asiáticos ocupan lugares predominantes según los indicadores InCites de la WOS, ocupa un lugar muy meritorio en JCR: Brasil, Turquía, Italia y España, que ocupa el tercer lugar.

Como en la mayoría de las investigaciones, el tipo de estudio in vitro es superior a las investigaciones in vivo, en este caso casi de 2.6:1. Los estudios de revisión en JCR son escasos, representando el 3.6% de las publicaciones. Una de las razones puede ser la menor valía de estas investigaciones, por lo menos en España, según los criterios de la ANECA. Esto puede inducir a que los investigadores y editores se inclinen menos por este tipo de estudios, independientemente de su valor intrínseco.

Variable 1. Métodos

Según los resultados obtenidos en esta revisión de la bibliografía, actualmente se establece que el mejor método para determinar la longitud de trabajo son los EALs, ya que presentan un porcentaje de precisión muy elevado con unos niveles de tolerancia más que aceptables. Dependiendo del modelo y marca del dispositivo electrónico, la precisión es alrededor de un 95% con una tolerancia de ± 0.5 mm. [5]

La radiografía quedó obsoleta como método para la determinación de la LT, es menos preciso, ya que el ápice radiográfico no necesariamente coincide con la constricción apical anatómica, y además supone una exposición a radiación. No obstante, sí que continúa siendo un método complementario y totalmente necesario durante el tratamiento endodóntico. [5]

Por otro lado, el CBCT, método novedoso y utilizado con mayor frecuencia actualmente, presenta la ventaja de que no altera la constricción apical, aunque la gran desventaja es de nuevo la radiación. Sin embargo, la literatura refleja que tienen menor precisión a la hora de determinar la LT que los EALs, pero éstas diferencias no son significativas y los valores medidos con ambos se encontraban en consonancia con el gold standard [6]. No obstante, es necesario destacar, que son necesarios más estudios que ratifiquen o no éstas conclusiones con respecto al CBCT, ya que actualmente las investigaciones relativas son escasas y recientes. También sería ideal que se llevaran a cabo más estudios in vivo.

Teniendo en cuenta lo expuesto, podemos concluir, en relación a la variable “Métodos” que actualmente los EALs son el método más fiable, seguro, preciso y cómodo para determinar la LT, pero otros métodos como la radiografía convencional, digital, radiovisiografía y CBCT son herramientas de gran valor y complementarias para otros aspectos del tratamiento de conductos.

Variable 2. Aparatos

La literatura nos indica de forma general que la mayoría de marcas y modelos de EALs de tercera y cuarta generación son seguros y precisos. Aunque numerosos estudios hacen comparaciones entre varios modelos y marcas, e incluso encuentran valores de precisión mayores en determinados EALs en relación con otros, las diferencias entre ellos

no son significativas y las variaciones resultan irrelevantes en lo que a la aplicación clínica se refiere. [7]

Los valores de precisión, fiabilidad y reproducibilidad de la mayoría de los EALs, se encuentran dentro de los rangos que podemos considerar aceptables. De esta revisión también se concluye que la falta de consistencia o precisión suele deberse más bien a obliteraciones parciales o totales de los conductos, que a un ineficaz funcionamiento de los EALs. [8]

En cuanto a los modelos más estudiados y mejor valorados tras las investigaciones caben destacar: Root ZX, Element Diagnostic, Endex y ProPex II. [7] No obstante, si nos planteamos como operadores, que modelo o marca de EAL usar, nos atreveríamos a concluir que el dispositivo ideal sería el que mejor se adapte a nuestros gustos, necesidades, comodidad de uso y circunstancias, ya que las diferencias entre ellos no son significativas.

En cuanto a la función rotatoria vs manual, según la revisión de la literatura, la función rotatoria es clínicamente segura, pero las mediciones manuales suelen ser más cortas. [9] Probablemente, se deba a que el tacto de un operador entrenado, también es una herramienta útil. No obstante, de nuevo, la forma que mejor se adapte a la práctica clínica del operador será la ideal en cada caso.

Directamente relacionadas se encuentran las funciones de determinados EALs, como auto apical reverse. Aunque la investigación es angosta debido a novedad de las mismas, los primeros hallazgos no nos ofrecen un resultado alentador. En la mayoría de los casos, pueden provocar que hagamos una sobreinstrumentación, con las consecuencias que esto conlleva, y la medición de la LT solo es adecuada en el 50% de los casos. [10]

Por otro lado, un campo aún deficiente en el que podrían encaminarse nuevas investigaciones por las lagunas que hemos encontrado, es la eficacia de los localizadores en función del tipo/ grupo dentario. Los resultados encontrados hasta la actualidad son discrepantes y poco consistentes. [7, 11]

Variable 3. Irrigantes

La mayoría de los estudios presentes en la literatura, tras revisar la bibliografía de los últimos diez años, nos indican que la precisión y seguridad de los EALs no se ve afectada por la mayoría de irrigantes y medios. Sin embargo, existen estudios aislados, pero recientes, que ofrecen resultados discordantes al resto de la literatura y recomiendan medir en conductos secos. En el caso de irrigantes, la mayor precisión se consigue con EDTA y la peor con NAOCl [12], aunque no en todos los estudios.

No obstante, la aplicación clínica de estos resultados, pues habría que secar el conducto antes de medir. Además, el tener que medir en conductos secos es un hecho superado a partir de los localizadores de tercera generación utilizando dos tipos de impedancia.

Por otro lado, existe discrepancia entre las investigaciones que estudian la influencia de los disolventes en la precisión de los EALs. Los estudios ofrecen resultados potencialmente opuestos. [13,14] Si bien, serían necesarios más estudios sobre los EALs en retratamientos que permitieran alcanzar un consenso sobre cómo influyen los disolventes en su precisión.

Variable 4. Foramen Apical

La variable foramen apical, es una de las variables más importantes por su relación directa con el éxito del tratamiento y, sin embargo, poco estudiada dada su importancia. La revisión de los 6 estudios presentes en la literatura de los últimos 10 años, revela resultados interesantes en lo que se refiere al diámetro crítico de la constricción apical. Podemos concluir dos importantes premisas: La precisión de los EALs disminuye a medida que aumenta el diámetro de la constricción apical a partir de 0,6 mm. El diámetro crítico considerado sería 0,8 mm, ya que a partir de 0,9 mm dejarían de ser precisos, si bien para diámetros de 0,7 y 0,8 mm hay que ajustar la lima [15].

Teniendo en cuenta los estudios llevados a cabo por Mizutani, Norikazu & Nakamura [16] (1992) el diámetro promedio vestíbulo palatino correspondió a:

- 0,425 mm en Incisivos Centrales
- 0,369 mm en Incisivos Laterales

- 0,375 mm en Caninos

Teniendo en cuenta los estudios de Briseño Marroquin et al (2004) [17] los diámetros en cuanto a anchura fueron:

- 0.20 a 026mm en molares inferiores
- 0.18 a 0.25mm en las raíces mesiovestibulares de molares superiores y distovestibulares

Por lo tanto, podemos deducir que la precisión de los EALs a los diámetros promedios de todos los dientes es adecuada, ya que éstos diámetros promedios quedan muy por debajo del diámetro crítico al que los EALs dejan de ser precisos.

Otros estudios, especulan con el hecho de que cuando el foramen mayor se encuentra en una posición lateral los EALs son más precisos, sin embargo, se trata de estudios aislados con poca consistencia. [18] Se necesitarían más investigaciones para clarificar dichos resultados y aportar un conocimiento más sólido.

Variable 5. Limas

El volumen de estudios de la variable limas resulta bastante escaso, ya que en la revisión de la bibliografía solo encontramos 4 estudios. Los estudios concluyen que hasta un diámetro de foramen apical de 0.6mm la precisión es independiente del tamaño de la lima, sin embargo, para diámetros mayores debe ajustarse el tamaño de la lima al diámetro apical, hasta 0,9 mm donde pierde la precisión el EALs.

Estos resultados entran en concordancia con los resultados encontrados acerca del diámetro apical crítico al que los EALs pierden su precisión, el cual era establecido como 0,9mm; Y hasta 0,6mm la precisión era óptima. [15]

En cuanto a la aplicación clínica, para diámetros que entren dentro de los valores promedios, el tamaño de la lima no será un factor determinante, normalmente utilizaremos un tamaño de lima de 10-15 para determinar la LT, ya que serán las que utilizaremos al inicio del tratamiento de conductos, y evitarán además la deformación de la constricción apical. Para diámetros mayores de los valores promedios, los cuales serán casos excepcionales, deberemos ser más cuidadosos a la hora de seleccionar una lima que se adapte al diámetro de la constricción y nos permita obtener mediciones fiables y

precisas. Utilizando solo limas que se ajusten al diámetro apical en forámenes de 0,7 y 0,8 mm.

Los estudios recientes relativos al material de las limas ofrecen resultados discrepantes con los que se obtuvieron en estudios más antiguos. Los primeros refieren que las limas NiTi muestran una desviación mayor en la medición que las de acero inoxidable, mientras que los segundos establecen que no hay diferencias significativas entre ambas [19, 20]. Esto deja al descubierto un nuevo punto de partida en el que sería interesante comenzar nuevas investigaciones.

Variable 6. Patologías / Alteraciones del diente

La revisión de la bibliografía de los últimos 10 años nos revela que la variable menos estudiada en JCR en cuanto a la influencia en la precisión de los EALs son las patologías/ alteraciones de los dientes, lo cual, parece un tanto incongruente dado que la patología dental es la que nos lleva al tratamiento endodóntico, y a las numerosas variaciones morfológicas que existen en la anatomía dental.

En lo que se refiere a la influencia de las lesiones periapicales de gran tamaño, éstas parecen no influir en la precisión de los EALs, lo cual supone un resultado tranquilizante para el operador, ya que con frecuencia éstas lesiones están presentes durante el tratamiento de conductos [21]. Los conductos curvos, según la literatura, tampoco supondrían un problema a la hora de determinar la LT mediante EALs [22].

No obstante, encontramos resultados discrepantes en cuanto a la localización lateral del foramen. Existen estudios que indican su influencia negativa en la precisión/seguridad de los EALS [22], mientras que otros defienden todo lo contrario [18]. Al tratarse de estudios puntuales y más bien aislados, la variable patologías/ alteraciones de los dientes representa una cuestión interesante en la que dirigir nuevas investigaciones que aporten claridad a estos datos.

Variable 7. Dientes Temporales

Tradicionalmente, se ha postulado acerca de que la determinación de la LT mediante EALs en dientes deciduos con ápice abierto, o dientes con ápice inmaduro,

podría no ser del todo exacta. Sin embargo, la revisión de la literatura en los últimos diez años, nos muestra una visión clara de la eficacia de los EALs en dientes temporales.

Aunque se trata de una realidad que la mayoría de los estudios están hechos en dientes definitivos y que los estudios en dientes temporales son una minoría, todos ellos coinciden en sus resultados. La precisión de los EALs se sitúa en el 90% con una tolerancia de $\pm 0,5$ mm. La reabsorción radicular fisiológica, según los resultados analizados tampoco afecta a la precisión de los EALs [23], aunque resultaría interesante plantear estudios que analicen la influencia de los diferentes grados de reabsorción.

Por lo tanto, como operadores podemos utilizar los dispositivos electrónicos a la hora de llevar a cabo pulpotomías y/o pulpectomías en dientes temporales confiando en las lecturas de los mismos. Si bien, sería un planteamiento interesante para futuras investigaciones en dientes deciduos llevarlos a cabo in vivo, ya que todos los encontrados fueron ex vivo, in vitro o revisiones.

* * *

VI. CONCLUSIONES

Primera:

Los localizadores de ápice electrónicos son, actualmente, el mejor método para determinar la longitud de trabajo durante el tratamiento de conductos. Presentan un elevado porcentaje de precisión, fiabilidad y seguridad dentro de unos niveles de tolerancia aceptables.

Segunda:

La precisión de los EALs disminuye a medida que aumenta el diámetro de la constricción apical. Hasta un diámetro de 0,6mm la precisión será óptima. El diámetro crítico se considera 0,8mm ya que, a partir de 0,9mm dejará de ser preciso.

Tercera:

Los EALs son seguros y eficaces en dientes temporales y con ápice inmaduro.

Cuarta:

Existen algunas variables potencialmente influyentes en la precisión de los EALs en la que aún existen lagunas que podrían clarificarse en futuras investigaciones: patologías y/o alteraciones dentales, retratamientos, material de las limas, utilizadas localización del foramen, tipo o grupo dentario, función rotatoria.

* * *

VII. REFERENCIAS

1. Kuttler, Y. Microscopic investigation on root apexes. *J. Am. Dent. Assoc.* 1955; 50: 544.
2. Glossary of Endodontic Terms. American Association of Endodontists 2003
3. Baugh D and Wallace J. The Role of Apical Instrumentation in Root Canal treatment: A Review of the Literature. *J Endod.* 2005; 31(5):333-40.
4. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *International Endodontic Journal* 1998; (31): 384-393.
5. Vieyra JP, Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *Int Endod J.* 2011;44(6):510-518.
6. Tchorz JP, Wolgin M, Karygianni L, Vach K, Altenburger MJ. Accuracy of CBCT-based root canal length predetermination using new endodontic planning software compared to measurements performed with an electronic apex locator ex vivo. *Int J Comput Dent.* 2018;21(4):323-328.
7. Connert T, Judenhofer MS, Hülber-J M, et al. Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT. *Int Endod J.* 2018;51(2):223-232.
8. ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J Endod.* 2009;35(2):179-181.
9. Barthelemy J, Gregor L, Krejci I, Wataha J, Bouillaguet S. Accuracy of electronic apex locator-controlled handpieces. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(3):437-441.
10. Fadel G, Piasecki L, Westphalen VP, Silva Neto UX, Fariniuk LF, Carneiro E. An in vivo evaluation of the auto apical reverse function of the Root ZX II. *Int Endod J.* 2012;45(10):950-954.
11. Miletic V, Beljic-Ivanovic K, Ivanovic V. Clinical reproducibility of three electronic apex locators. *Int Endod J.* 2011;44(8):769-776.
12. Altunbaş D, Kuştarıcı A, Toyoğlu M. The Influence of Various Irrigants on the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators in Locating Simulated Root Perforations. *J Endod.* 2017;43(3):439-442.
13. Er O, Uzun O, Ustun Y, Canakçı BC, Yalpi F. Effect of solvents on the accuracy of the Mini Root ZX apex locator. *Int Endod J.* 2013;46(11):1088-1095. doi:10.1111/iej.12111.
14. Al-Hadlaq SM. Effect of chloroform, orange solvent and eucalyptol on the accuracy of four electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2013;39(3):112-115.
15. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. *J Endod.* 2011;37(9):1306-1309.

16. Journal of Endodontics . VOLUME 18, ISSUE 7, P344-347, JULY 01, 1992 Anatomical study of the root apex in the maxillary anterior teeth Tadashi Mizutani, DDS, PhD 1 Norikazu Ohno, DDS, PhD 2 Hiroshi Nakamura, DDS, PhD 1
17. Marroquín BB, El-Sayed MA, Willershausen-Zönnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. J Endod. 2004;30(5):321-328. doi:10.1097/00004770-200405000-00005
18. Ding J, Gutmann JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of apex locators and related morphological factors. J Endod. 2010;36(8):1399-1403.
19. Janeczek M, Kosior P, Piesiak-Pañczyszyn D, et al. The Effect of File Size and Type and Irrigation Solutions on the Accuracy of Electronic Apex Locators: An In Vitro Study on Canine Teeth. Biomed Res Int.
20. Sadeghi S, Abolghasemi M. The accuracy of the Raypex5 electronic apex locator using stainless-steel hand K-file versus nickel-titanium rotary Mtwo file. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2010;15(5):e788-e790.
21. Üstün Y, Aslan T, Şekerci AE, Sağsen B. Evaluation of the Reliability of Cone-beam Computed Tomography Scanning and Electronic Apex Locator Measurements in Working Length Determination of Teeth with Large Periapical Lesions. J Endod. 2016;42(9):1334-1337.
22. Piasecki L, José Dos Reis P, Jussiani EI, Andrello AC. A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. J Endod. 2018;44(12):1872-1877.
23. Ahmad IA, Pani SC. Accuracy of electronic apex locators in primary teeth: a meta-analysis. Int Endod J. 2015;48(3):298-307. doi:10.1111/iej.12315.
24. Yılmaz F, Kamburoğlu K, Şenel B. Endodontic Working Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomographic Images Obtained at Different Voxel Sizes and Field of Views, Periapical Radiography, and Apex Locator: A Comparative Ex Vivo Study. J Endod. 2017;43(1):152-156.
25. Üstün Y, Aslan T, Şekerci AE, Sağsen B. Evaluation of the Reliability of Cone-beam Computed Tomography Scanning and Electronic Apex Locator Measurements in Working Length Determination of Teeth with Large Periapical Lesions. J Endod. 2016;42(9):1334-1337.
26. Kumar LV, Sreelakshmi N, Reddy ER, Manjula M, Rani ST, Rajesh A. Clinical Evaluation of Conventional Radiography, Radiovisiography, and an Electronic Apex Locator in Determining the Working Length in Primary Teeth. Pediatr Dent. 2016;38(1):37-41.
27. Khandewal D, Ballal NV, Saraswathi MV. Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic Apex locators with conventional radiography: an ex vivo study. J Endod. 2015;41(2):201-204.
28. Lucena C, López JM, Martín JA, Robles V, González-Rodríguez MP. Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. Int Endod J. 2014;47(3):246-256.
29. Real DG, Davidowicz H, Moura-Netto C, et al. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;111(3):e44-e49
30. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. J Endod. 2010;36(12):2003-2007.

31. Nelson-Filho P, Lucisano MP, Leonardo MR, da Silva RA, da Silva LA. Electronic working length determination in primary teeth by ProPex and Digital Signal Processing. *Aust Endod J.* 2010;36(3):105-108
32. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2010;36(11):1753-1756.
33. Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J.* 2010;43(1):16-20.
34. Serna-Peña G, Gomes-Azevedo S, Flores-Treviño J, Madla-Cruz E, Rodríguez-Delgado I, Martínez-González G. In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. *J Endod.* 2020;46(2):158-161
35. Piasecki L, José Dos Reis P, Jussiani EI, Andrello AC. A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. *J Endod.* 2018;44(12):1872-1877.
36. Christofzik DW, Bartols A, Khaled M, Größner-Schreiber B, Dörfer CE. The accuracy of the auto-stop function of different endodontic devices in detecting the apical constriction. *BMC Oral Health.* 2017;17(1):141.
37. Cruz ATG, Wichnieski C, Carneiro E, da Silva Neto UX, Gambarini G, Piasecki L. Accuracy of 2 Endodontic Rotary Motors with Integrated Apex Locator. *J Endod.* 2017;43(10):1716-1719.
38. Oliveira TN, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Vivan RR, Duarte MAH, Vasconcelos BC. Determination of the Accuracy of 5 Electronic Apex Locators in the Function of Different Employment Protocols. *J Endod.* 2017;43(10):1663-1667.
39. Vasconcelos BC, Bastos LM, Oliveira AS, et al. Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II. *J Endod.* 2016;42(11):1683-1686.
40. Sidhu P, Shankargouda S, Dicksit DD, Mahdey HM, Muzaffar D, Arora S. Evaluation of Interference of Cellular Phones on Electronic Apex Locators: An In Vitro Study. *J Endod.* 2016;42(4):622-625.
41. Marigo L, Gervasi GL, Somma F, Squeo G, Castagnola R. Comparison of two electronic apex locators on human cadavers. *Clin Oral Investig.* 2016;20(7):1547-1550.
42. Tsesis I, Blazer T, Ben-Izhack G, et al. The Precision of Electronic Apex Locators in Working Length Determination: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature. *J Endod.* 2015;41(11):1818-1823.
43. Wigler R, Huber R, Lin S, Kaufman AY. Accuracy and reliability of working length determination by Gold Reciproc Motor in reciprocating movement. *J Endod.* 2014;40(5):694-697.
44. Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *J Endod.* 2014;40(1):109-112.
45. Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(2):e202-e205.

46. Vasconcelos BC, Bueno Mde M, Luna-Cruz SM, Duarte MA, Fernandes CA. Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(2):132-137.
47. Ali R, Okechukwu NC, Brunton P, Nattress B. An overview of electronic apex locators: part 2 [published correction appears in *Br Dent J.* 2013 Apr 12;214(7):340]. *Br Dent J.* 2013;214(5):227-231.
48. Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Paternò Holtzman L, Marigo L. In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *Int Endod J.* 2012;45(6):552-556.
49. Duran-Sindreu F, Stöber E, Mercadé M, et al. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. *J Endod.* 2012;38(2):236-239
50. Stöber EK, de Ribot J, Mercadé M, et al. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(10):1349-1352.
51. Silveira LF, Petry FV, Martos J, Neto JB. In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2011;37(2):70-72.
52. Mancini M, Felici R, Conte G, Costantini M, Cianconi L. Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: an ex vivo study. *J Endod.* 2011;37(5):684-687.
53. Stöber EK, Duran-Sindreu F, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of root ZX and iPex apex locators: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(5):608-610.
54. Jung IY, Yoon BH, Lee SJ, Lee SJ. Comparison of the reliability of "0.5" and "APEX" mark measurements in two frequency-based electronic apex locators. *J Endod.* 2011;37(1):49-52.
55. Rambo MV, Gamba HR, Borba GB, Maia JM, Ramos CA. In vivo assessment of the impedance ratio method used in electronic foramen locators. *Biomed Eng Online.* 2010;9:46. Published 2010 Sep 6.
56. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J.* 2010;43(9):808-817.
57. de Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AS, et al. An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110(2):e57-e61.
58. D'Assunção FL, Albuquerque DS, Salazar-Silva JR, Dos Santos VC, Sousa JC. Ex vivo evaluation of the accuracy and coefficient of repeatability of three electronic apex locators using a simple mounting model: a preliminary report. *Int Endod J.* 2010;43(4):269-274.
59. Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod.* 2010;36(2):279-281.
60. Higa RA, Adorno CG, Ebrahim AK, Suda H. Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009;42(12):1065-1070.
61. Chevalier V, Arbab-Chirani R, Nicolas M, Morin V. Occurrence of no-function of two electronic apex locators: an in vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(6):e61-e65.

62. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009;42(11):1026-1031.
63. de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod.* 2009;35(9):1300-1302. doi:10.1016/j.joen.2009.05.030
64. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(3):e147-e151.
65. Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC. An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files. *J Endod.* 2009;35(7):962-965.
66. Jan J, Krizaj D. Accuracy of root canal length determination with the impedance ratio method. *Int Endod J.* 2009;42(9):819-826.
67. Altenburger MJ, Cenik Y, Schirrmeister JF, Wrbas KT, Hellwig E. Combination of apex locator and endodontic motor for continuous length control during root canal treatment. *Int Endod J.* 2009;42(4):368-374.
68. Marek E, Łagocka R, Kot K, Woźniak K, Lipski M. The influence of two forms of chlorhexidine on the accuracy of contemporary electronic apex locators. *BMC Oral Health.* 2019;20(1):3. Published 2019 Dec 31
69. Ustun Y, Uzun O, Er O, Canakcı BC, Topuz O. The effect of residual calcium hydroxide on the accuracy of a contemporary electronic apex locator. *Acta Odontol Scand.* 2015;73(2):132-136.
70. Duran-Sindreu F, Gomes S, Stöber E, Mercadé M, Jané L, Roig M. In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. *Int Endod J.* 2013;46(8):769-774.
71. Gomes S, Oliver R, Macouzet C, Mercadé M, Roig M, Duran-Sindreu F. In vivo evaluation of the Raypex 5 by using different irrigants. *J Endod.* 2012;38(8):1075-1077.
72. Carvalho AL, Moura-Netto C, Moura AA, Marques MM, Davidowicz H. Accuracy of three electronic apex locators in the presence of different irrigating solutions. *Braz Oral Res.* 2010;24(4):394-398.
73. Abdelsalam N, Hashem N. Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study. *J Endod.* 2020;46(4):509-514.
74. de Vasconcelos BC, Veríssimo Chaves RD, Vivacqua-Gomes N, et al. Ex Vivo Evaluation of the Accuracy of Electronic Foramen Locators in Root Canals with an Obstructed Apical Foramen. *J Endod.* 2015;41(9):1551-1554.
75. Mancini M, Palopoli P, Iorio L, Conte G, Cianconi L. Accuracy of an electronic apex locator in the retreatment of teeth obturated with plastic or cross-linked gutta-percha carrier-based materials: an ex vivo study. *J Endod.* 2014;40(12):2061-2065.
76. Cimilli H, Aydemir S, Arican B, Mumcu G, Chandler N, Kartal N. Accuracy of the Dentaport ZX apex locator for working length determination when retreatting molar root canals. *Aust Endod J.* 2014;40(1):2-5.

77. Orosco FA, da Silva GF, Weckwerth PH, et al. Influence of different sized files on the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2018;44(3):251-254.
78. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, et al. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J Endod.* 2016;42(8):1263-1267.
79. Topaloglu-Ak A, Aykut Yetkiner A, Güniz Baksi B, Eronat C. Ex vivo comparison of radiographic and electronic root canal length measurements in primary molars. *Eur J Paediatr Dent.* 2015;16(2):149-153.
80. Oznurhan F, Tüzüner T, Baygin O, Unal M, Kapdan A, Ozturk C. Accuracy of three different apex locators and visual exam in primary teeth with and without root resorption in vitro. *Eur J Paediatr Dent.* 2014;15(4):381-384.
81. Oznurhan F, Ünal M, Kapdan A, Ozturk C, Aksoy S. Clinical evaluation of apex locator and radiography in primary teeth. *Int J Paediatr Dent.* 2015;25(3):199-203.
82. Leonardo MR, da Silva LA, Nelson-Filho P, da Silva RA, Lucisano MP. Ex vivo accuracy of an apex locator using digital signal processing in primary teeth. *Pediatr Dent.* 2009;31(4):320-322.
83. Angwaravong O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *Int Endod J.* 2009;42(2):115-121. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01476.x

* * *

VIII. ANEXO - TABLAS

Tabla 5.1. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Métodos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	Accuracy of CBCT-based root canal length predetermination using new endodontic planning software compared to measurements performed with an electronic apex locator ex vivo.	2018	Tchorz JP [6]	Alemania	International Journal of computerized dentistry	SI	Comparación de la precisión de CBCT usando nuevos software endodónticos y localizadores de ápice a la hora de determinar la longitud de trabajo.	Differences between lengths measured with the 3D Endo and the Raypex 6 compared with the gold standard showed no significant differences ($P = 0.879$). Mean differences were 0.37 mm versus 0.35 mm in the maxillary molars, and 0.30 mm versus 0.31 mm in the mandibular molars. A total of 75.8% (3D Endo) and 79.1% (Raypex 6) of all measurements were within the limits of ± 0.5 mm. Both methods showed a tendency to result in short measurements ($P < 0.001$).
2	Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT.	2018	Connert T [7]	Suiza	International Endodontic Journal	SI	Evaluación de la precisión de 9 localizadores de ápice utilizando Micro-CT.	Regardless of the type of teeth, there was no significant difference in the accuracy of determining the apical constriction and major foramen between the nine EALs within a tolerance of ± 0.5 mm and 1 mm, but there was a significant difference for the tolerances of ± 0.1 and 0.25 mm. The highest ranks close to the constriction (98% and 94%) and to the major foramen (86% and 73%) were observed in Dentaport ZX and Elements Diagnostic Unit, respectively. Overestimation of working length beyond the major foramen was observed in all EALs (5% to 71%) when the scale for the major foramen, as recommended by the manufacturers, was used. However, when the scale for the constriction was used, only 3% of the measurements were beyond the major foramen.
3	Endodontic Working Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomographic Images Obtained at Different Voxel Sizes and Field of Views, Periapical Radiography, and Apex Locator: A Comparative Ex Vivo Study.	2017	Yilmaz F [24]	Turquía	Journal of Endodontics	SI	Medición de la longitud de trabajo mediante CBCT, rx periapical y Localizador de ápice. Estudio comparativo ex vivo.	There was no significant difference between or within operators in intraoral radiographs ($P > .05$ and the Gage R&R value was $< 30\%$). There were significant differences between and within operators for CBCT images ($P < .05$ and Gage R&R value was $> 30\%$). There were significant differences in the methods in terms of mean differences from the gold standard ($P < .05$).
4	Evaluation of the Reliability of Cone-beam Computed Tomography Scanning and Electronic Apex Locator Measurements in Working Length Determination of Teeth with Large Periapical Lesions.	2016	Ustun Y [25]	Turquia	Journal of Endodontics	SI	Evaluación de la fiabilidad del CBCT y Localizadores de ápice electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo en dientes con grandes lesiones periapicales.	There were no significant measurement differences between the methods used ($P > .05$).
5	Clinical Evaluation of Conventional Radiography, Radiovisiography, and an Electronic Apex Locator in Determining the Working Length in Primary Teeth.	2016	Kumar LV [26]	India	Pediatric Dentistry	SI	Evaluación de rx convencional, radiovisiografía y localizador de ápice electrónico en la determinación de la longitud de trabajo en dientes deciduos.	The highest percentage of accurate working length measurements within the acceptable range of ± 0.5 mm were for EAL (95.1 percent), followed by RVG (75.6 percent) and CR (75.6 percent). There were no statistically significant differences between the three techniques ($P > 0.05$), and the readings obtained by the apex locator were not affected by resorption or the medium (wet/dry).
6	Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic Apex locators with conventional radiography: an ex vivo study.	2015	Khandewal D [27]	India	Journal of Endodontics	SI	Evaluación comparativa de la precisión de dos localizadores de ápice electrónicos con la radiografía convencional.	There was no significant difference between the Raypex 5 and the Apex NRG XFR devices with respect to their accuracy in determining the final WL. When compared with radiography, both the EALs had no significant difference. When comparing EALs and radiographic measurements with control measurements, accuracy results were found to be 20%, 36%, and 52% for the Raypex 5, Apex NRG XFR, and radiography, respectively. Overestimations of WL determination by the Raypex 5, Apex NRG XFR, and radiography were 4%, 0%, and 40%, respectively. Underestimations of WL determination by the Raypex 5, Apex NRG XFR, and radiography were 76%, 64%, and 8%, respectively.
7	Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography.	2014	Lucena C [28]	España	International Endodontic Journal	SI	Precisión en la medición de la longitud de trabajo : CBCT vs localizador de ápice electrónico.	Mean differences with respect to AL ranged from 0.26 to -0.36 mm and from 0.05 to 0.18 mm, respectively, for the electronic measurements at the 'constriction' mark and 'apex' mark. CBCT measurements were an average of 0.59 mm shorter than AL. Percentages of electronic measurements falling within ± 0.5 mm of the corresponding AL referred to the 'apex' mark were greater than at the 'constriction' mark, but the differences were only significant in group 4 (with Ultracain®). Percentages of CBCT measurements falling within ± 0.5 mm of AL (46.7%) were significantly lower than electronic measurements, regardless of the condition of the root canal. In 30-38.5% of the measurements taken at the 'apex' mark and in 3.4-13.3% of those at the 'constriction' mark, the file tip extended beyond the foramen. Electronic measurements were more reliable than CBCT scans for WL determination. The Raypex 6(®) was more accurate in locating the major foramen than the apical constriction under the experimental set-up.

Tabla 5.2. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Métodos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
8	Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography.	2011	Real DG [29]	Brasil	Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology and endodontics.	SI	Precisión de la determinación de la longitud de trabajo usando 3 localizadores de ápice y radiografía digital directa.	Results presented an accuracy of 94.6% for Elements Diagnostic, 91.9% for Root ZX, 73.0% for Just II, and 64.9% for direct digital radiography when considering the margin of ± 1 mm in relation to the control measurement. Comparisons with the actual control measurements resulted in accuracy results of 13.51%, 13.51%, 10.10%, and 2.70%, respectively. Root ZX and Elements Diagnostic are more accurate in determining working length when compared with Just II and Schick direct digital radiography.
9	Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators.	2011	Vieyra JP [5]	México	International Endodontic	SI	Comparación de la determinación de la longitud de trabajo con radiografías y 4 localizadores de ápice.	For anterior teeth, the Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 and radiographs located the apical constriction 89.09%, 83.63%, 85.45%, 81.81% and 32.72% of the time, respectively. For premolar teeth, the Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 and radiographs located the apical constriction 75%, 61.60%, 64.28%, 61.60% and 32.14% of the time, respectively. For molar teeth, the Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 and radiographs located the apical constriction 69.01%, 50.49%, 65.40%, 43.93% and 14.59% of the time, respectively. There was no statistically significant difference between the four EALs ($P = 0.05$). Measuring the location of the apical constriction using the four apex locators was more accurate than radiographs and would reduce the risk of instrumenting and filling beyond the apical foramen.
10	Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study.	2010	Cianconi L [30]	Italia	Journal of Endodontics	SI	Precisión de tres localizadores de ápice vs radiografía digital.	Statistical analysis showed that Endex and ProPex II were more accurate than Root ZX in determining the WL. The paired sample t test showed no statistically significant difference between the accuracy of the two radiographic planes examined. The t test showed no significant difference between the three different K-file sizes measurements. Endex and ProPex II were more accurate than Root ZX in determining the actual WL. Instrument sizes of hand files did not affect the accuracy of EALs. EALs showed to be more accurate in determining the WL than RVG.
11	Electronic working length determination in primary teeth by ProPex and Digital Signal Processing.	2010	Nelson-Filho P [31]	Brasil	Australian Endodontic Journal : The Journal of the Australian society of endodontology inc	SI	Determinación electrónica de la longitud de trabajo mediante ProPex y Procesamiento de señal digital.	Results showed that the ICC was high for both electronic apex locators in all situations - with (ICC: DSP = 0.82 and Propex = 0.89) or without resorption (ICC: DSP = 0.92 and Propex = 0.90). Both apex locators were extremely accurate in determining the working length in primary teeth, both with or without physiological resorption.
12	Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial.	2010	Ravanshad S [32]	Iran	Journal of Endodontics	SI	Adecuación de la longitud final de trabajo según la medición con radiografía o localizador de ápice.	There was no statistically significant difference between the rates of acceptable (master cone radiography: group 1 = 82.1% and group 2 = 90.4%; final radiography: group 1 = 85.7% and group 2 = 90.4%) and short cases (master cone radiography: group 1 = 7.1% and group 2 = 8.7%; final radiography: group 1 = 1.2% and group 2 = 1%) between the two groups. Over cases in master cone radiography were significantly more in group 1 (10.7%) than group 2 (1%) (χ^2 , $p = 0.00$). However, this category did not show a significant difference for final obturation between group 1 (13.1%) and group 2 (8.7%). The results of endodontic treatment using the Raypex5 electronic apex locator are quite comparable, if not superior, to radiographic length measurement regarding the rates of acceptable and short cases. Furthermore, in addition to reducing the radiographic exposure, electronic apex locators are superior in reducing overestimation of the root canal length.
13	Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators.	2010	Vieyra JP [33]	México	International Endodontic Journal	SI	Comparación de la determinación de la longitud de trabajo con radiografías y 2 localizadores de ápice electrónicos.	The Root ZX located the minor foramen correctly 68% of the time in anterior and premolar teeth, and 58% of the time in molar teeth. The Elements-Diagnostic located the minor foramen correctly 58% of the time in anterior and premolar teeth and 49% of the time in molar teeth. Radiographs located the minor foramen correctly 20% of the time in anterior and premolar teeth and 11% of the time in molar teeth. There was no statistically significant difference between the two locators, but there was a significant difference between them and radiographs. For all teeth, the measurements made by the apex locators were within ± 0.5 mm of the minor foramen 100% of the time, whereas for the radiographs, the measurements were within this range only 15% of the time. This difference was significant ($P = 0.05$). Measuring the location of the minor foramen using the two apex locators was more accurate than radiographs and would reduce the risk of instrumenting and filling beyond the apical foramen.

Tabla 6.1. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	In Vivo Evaluation of 3 Electronic Apex Locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi.	2020	Serna-Peña G [34]	España	Journal of Endodontics	SI	Evaluación in vivo de la precisión tres localizadores de ápice: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi.	No significant differences were found among the experimental groups ($P > .05$). The mean distance from the actual working length to the file tip was 0.163 ± 0.032 mm when Root ZX mini was used, 0.343 ± 0.032 mm for Propex Pixi, and 0.012 ± 0.008 mm for Apex ID.
2	A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars.	2018	Piasecki L [35]	EEUU	Journal of Endodontics	SI	Evaluación de la precisión de 3 localizadores de ápice en conductos curvos de molares mandibulares.	All electronic measurements showed high agreement with their respective gold standard, except the electronic root canal length of the Apex ID ($P < .05$). No difference in the percentage of precise measurements (within the ± 0.5 mm) was found among the devices (χ^2 and z tests, $P > .05$). Of the anatomic parameters evaluated, the presence of a lateral foramen negatively affected the 0.0 mark of the Apex ID (Wilcoxon test, $P < .05$).
3	The accuracy of the auto-stop function of different endodontic devices in detecting the apical constriction.	2017	Christofzik DW [36]	Alemania	BMC Oral Health	SI	Precisión de la función auto-stop de diferentes aparatos electrónicos endodónticos para detectar la constricción apical.	The mean DAC were -13.18 μm (SD 88.46 μm) for RMM, -22.70 μm (SD 91.57 μm) for RCM and 18.74 μm (SD 88.11 μm) for ECM. The differences were not statistically significant ($P = 0.181$). The rates for instrumentation beyond the AC were not statistically different ($\text{Chi}^2 = 4.753$, $p = 0.096$).
4	Accuracy of 2 Endodontic Rotary Motors with Integrated Apex Locator.	2017	Cruz ATG [37]	Brasil	Journal of Endodontics	SI	Precisión de dos motores rotatorios de endodoncia con localizador de ápice integrado.	There was no difference between the devices in terms of the means of the EAL measurements or AAR length (analysis of variance, $P > .05$). However, the EAL function of MM Control presented a greater percentage of measurements > 1.01 mm longer than AL (chi-square , $P < .01$). The AAR function provided an acceptable apical limit in 83.3% of the cases for Root ZX and 77.8% of the cases for MM Control.
5	Determination of the Accuracy of 5 Electronic Apex Locators in the Function of Different Employment Protocols.	2017	Oliveira TN [38]	Brasil	Journal of Endodontics	SI	Determinación de la precisión de 5 localizadores de ápice en función de diferentes protocolos.	Considering the suggested protocols, the lowest mean error values were observed in 0.0, 0.10 mm (RZX), 0.13 mm (RAY), 0.16 mm (AID), 0.23 mm (PRO), and 0.10 mm (PIXI), without a significant difference for over/0.0 ($P > .05$). Comparing the results obtained in 0.0 with those found in -1.0 and 0.0/-1.0, significant differences were observed for most EALs ($P < .05$). For the comparison between EALs, significant differences were observed only in protocols -1.0 and over/0.0 ($P < .05$).
6	Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT.	2018	Connert T [7]	Suiza	International Endodontic Journal	SI	Evaluación de la precisión de 9 localizadores de ápice utilizando Micro-TC.	Regardless of the type of teeth, there was no significant difference in the accuracy of determining the apical constriction and major foramen between the nine EALs within a tolerance of ± 0.5 mm and 1 mm, but there was a significant difference for the tolerances of ± 0.1 and 0.25 mm. The highest ranks close to the constriction (98% and 94%) and to the major foramen (86% and 73%) were observed in Dentaport ZX and Elements Diagnostic Unit, respectively. Overestimation of working length beyond the major foramen was observed in all EALs (5% to 71%) when the scale for the major foramen, as recommended by the manufacturers, was used. However, when the scale for the constriction was used, only 3% of the measurements were beyond the major foramen.

Tabla 6.2. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
7	Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II.	2016	Vasconcelos BC [39]	Brasil	Journal of Endodontics	SI	Cambios en la longitud de trabajo determinada durante las fases de la preparación mecánica y su relación con la precisión de Root ZX II.	Statistically significant differences were observed in all comparisons in the RCL ($P < .05$). The RCL1 - RCL3 showed the highest variation (0.6 mm), with the extent of specimens reduced by up to 1.75 mm. No statistically significant differences were found in the accuracy of the RZX ($P > .05$); 100% precision (± 0.5 mm) was found in all stages.
8	Evaluation of Interference of Cellular Phones on Electronic Apex Locators: An In Vitro Study.	2016	Shidu P [40]	Malasia	Journal of Endodontics	SI	Evaluación de la interferencia de los teléfonos móviles con los localizadores de ápice.	The EWL measurements were not influenced by the presence of cellular phone and could be determined under all experimental conditions.
9	Comparison of two electronic apex locators on human cadavers.	2016	Marigo L [41]	Italia	Clinical Oral Investigation	SI	Comparación de dos localizadores de ápice en cadáveres humanos.	The mean of distances was 0.33 ± 0.20 mm and 0.32 ± 0.2 mm for Dentaport ZX respectively in the presence or not of SH and 0.38 ± 0.20 mm and 0.39 ± 0.19 mm for Raypex 6. No statistical differences were found between the two devices ($p > 0.05$).
10	The Precision of Electronic Apex Locators in Working Length Determination: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature.	2015	Tesis I [42]	Israel	Journal of Endodontics	SI	Precisión de los localizadores de ápice electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo.	From 247 articles, 10 articles met the inclusion criteria, with a total of 1105 EAL measurements performed by 4 types of EALs: Root ZX (J Morita, Tokyo, Japan), Justy II (Hager & Werken GmbH & Co, Duisburg, Germany), Endy 5000 (Loser Co, Leverkusen, Germany), and Endox (Lysis Co, Milan, Italy). Root ZX, Justy II, and Endy 5000 were found to be significantly more accurate than Endox in determining the distance between the file tip and the apical constriction ($P < .05$). The longest mean distance was measured by Endox (1.35 ± 0.41 mm), and the shortest mean distance was measured by Justy II (0.25 ± 0.17 mm, $P < .05$). The mean distance measured by Root ZX and Justy II in the presence of hydrogen peroxide was shorter compared with the mean distance measured by them in the presence of sodium hypochlorite ($P < .05$). The pulp status (vital or necrotic) had no significant effect on the precision of the EALs.
11	Accuracy and reliability of working length determination by Gold Reciproc Motor in reciprocating movement.	2014	Wigler R [43]	Israel	Journal of Endodontics	SI	Precisión y fiabilidad de la determinación de trabajo mediante Gold Reciproc Motor.	No statistically significant differences were found between the length measurements of the 2 electronic apex locators and the third green LED, which is suggested by the manufacturers as the recommended working length.
12	Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands.	2014	Akisue E [44]	Brasil	Journal of Endodontics	SI	Comparación in vitro de 5 marcas de localizadores de foramen electrónicos.	In G27, all EFLs yielded accurate findings (intragroup reliability; Fisher exact test, $P < .05$), compared with only MiniApex, Root ZXII, and Elements Apex Locator in G47 and G72. MiniApex, Root ZXII, and Elements Apex Locator were similarly accurate regardless of foramen size. iPex and Propex II were the least accurate among the devices tested, and foramen diameter influenced their accuracy, with greater diameters yielding poorer EFL performance.

Tabla 6.3. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
13	Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study.	2014	Moscoso S [45]	España	Medicina Oral , Patología Oral y Cirugía Bucal.	SI	Evaluación in vivo de Dentaport ZX y Raypex 6. Comparación de varios localizadores.	Wilcoxon's signed Rank test found no significant differences between the Dentaport ZX and Raypex 6 in terms of their abilities to detect the major foramen (P = .52) The Dentaport ZX was accurate 82.35% of the time to ± 0.5 mm and 97.05% of the time to ± 1 mm, whereas the Raypex 6 was accurate 88.22% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm. No statistically significant differences were observed between the performance of the Dentaport ZX and Raypex 6 EALs under the in vivo clinical conditions used in this study.
14	Accuracy of five electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study.	2013	Vasconcelos BC [46]	Brasil	Journal of applied oral science	SI	Precisión de 5 localizadores de foramen con diferentes sistemas operativos.	Considering the measurements performed at 0.0 and -1.0, the precision rates for the ERCLMDs were: 73.5% and 47.1% (Root ZX), 73.5% and 55.9% (Mini Apex Locator), 67.6% and 41.1% (Propex II), 61.7% and 44.1% (iPex), and 79.4% and 44.1% (RomiApex A-15), respectively, considering ± 0.5 mm of tolerance. Regarding the mean discrepancies, no differences were observed at 0.0; however, in the measurements at -1.0, the iPex, a multi-frequency ERCLMD, had significantly more discrepant readings short of the apical foramen than the other devices, except for the Propex II, which had intermediate results. When the ERCLMDs measurements at -1.0 were compared with those at 0.0, the Propex II, iPex and RomiApex A-15 presented significantly higher discrepancies in their readings. Under the conditions of the present study, all the ERCLMDs provided acceptable measurements at the 0.0 position. However, at the -1.0 position, the ERCLMDs had a lower precision, with statistically significant differences for the Propex II, iPex, and RomiApex A-15.
15	An overview of electronic apex locators: part 2.	2013	Ali R [47]	Reino Unido	British Dental Journal	SI	Una revisión de localizadores de ápice.	The presence of different irrigating media in the RCS does not impact significantly on the performance of third/fourth generation apex locators. The devices are most accurate at determining the apical limit when the attached endodontic file contacts the periodontal ligament space and the visual analogue displays 'Apex' or '0.' Given the accuracies of modern generation EALs, the clinician should be able to consistently identify the apical limit of the tooth under treatment. Their use in conjunction with appropriate radiographs and the clinician's knowledge of average RCS lengths and anatomy will maximise the successful outcome of any orthograde endodontic treatment.
16	An in vivo evaluation of the auto apical reverse function of the Root ZX II.	2012	Fadel G [10]	Brasil	International Endodontic Journal	SI	Evaluación in vivo de la función auto apical reverse de Root ZX II.	Measurements within the range -1.0 to 0.0 mm were obtained in 30% of the teeth with AAR 0.5, 50% with AAR 1.0 and in 0% with AAR 1.5. The proportions test revealed a significant difference between the AAR settings 1.0 and 1.5 (P = 0.0188). Overinstrumentation occurred in 70% of the teeth with AAR 0.5 and in 40% with AAR 1.0. The measurements short of the acceptable range occurred in 10% of the teeth with setting AAR 1.0 and in 100% of the cases with AAR 1.5. A significant difference was found when comparing the percentage of teeth in which the file tip was short and beyond the established range between groups, except when comparing AAR 0.5 and AAR 1.0. The AAR function of the Root ZX II was not an accurate method for controlling the apical extent of rotary instrumentation in vivo. The setting 0.5 presented overinstrumentation in most of the canals, the setting 1.5 was short in all cases, and the setting 1.0 provided an adequate working length in only 50% of the teeth.
17	In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II.	2012	Somma F [48]	Italia	International Endodontic Journal	SI	Precisión de 3 localizadores de ápice : Dentaport ZX , Raypex 5 y ProPex II.	Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II produced, respectively, 6, 2 and 4 out of 10 correct measurements, 0, 6 and 5 long measurements and 4, 2, and 1 short measurements. The differences between the three electronic root canal length measurement devices were not significant (P = 0.507). Under the in vivo conditions of this study, the three electronic root canal length measurement devices were not significantly different in terms of locating the major foramen.

Tabla 6.4. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
18	Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator.	2012	Duran-Sindreu F [49]	España	Journal of Endodontics	SI	Comparación de las lecturas in vitro y ex vitro en la evaluación de la precisión de Root ZX.	The statistical analysis revealed no significant differences between the in vivo group and in vitro group with respect to the accuracy of the Root ZX device in determining the final WL. The mean distance from the final WL to the file tip was 0.23 ± 0.39 mm for the in vivo group and 0.29 ± 0.32 mm for the in vitro group. In determining the final WL, the Root ZX was accurate 78.3% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm in the in vivo group, whereas it was accurate 74% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm in the in vitro group.
19	Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study.	2011	Stöber EK [50]	España	Journal of Endodontics	SI	Evaluación de Raypex 5 y Mini Apex Locator in vivo.	No statistically significant differences were found between the Raypex 5 and the Mini Apex Locator devices. The mean distance from the final WL to the file tip was 0.174 ± 0.38 mm for the Raypex 5 and 0.286 ± 0.30 mm for the Mini Apex Locator. In determining the final WL, the Raypex 5 was accurate 75% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm, whereas the Mini Apex Locator was accurate 77.8% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm.
20	In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators.	2011	Silveira LF [51]	Brasil	Australian Endodontic Journal: The journal of the Australian society of endodontology inc.	SI	Comparación in vivo de la precisión de dos localizadores de ápice.	The accuracy of Root ZX and Novapex was 91.7% and 81.8% respectively. Within the limits of this study, the evaluated apex locators have a similar clinical performance for the apical constriction location.
21	Clinical reproducibility of three electronic apex locators.	2011	Miletic V [11]	Serbia	International Endodontic Journal	SI	Reproducibilidad clínica de 3 localizadores de ápice.	Mean and standard deviation values measured by the three EALs showed no statistically significant differences. Identical readings by all three EALs were found in 10.4% of root canals. Forty-three per cent of readings differed by less than ± 0.5 mm and 31.3% exceeded a difference of ± 1 mm. The clinical reproducibility of Dentaport ZX, RomiApex A-15 and Raypex 5 was confirmed with the majority of readings within the ± 1.0 mm range. However, the small number of identical zero readings suggests that EALs are not reliable as the sole means of WL determination under clinical conditions.
22	Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: an ex vivo study.	2011	Mancini M [52]	Italia	Journal of Endodontics	SI	Precisión de 3 localizadores de ápice electrónicos en dientes anteriores y posteriores.	Statistical analysis showed that the 3 EALs and RVG were less accurate in anterior teeth and molars than in bicuspid. The paired-sample t test showed no statistically significant difference between mesiodistal plane and buccolingual plane digital radiography in all groups. The 3 EALs tested were more accurate in detecting the apical foramen in bicuspid than in both molars and anterior teeth. Radiographic measurements were not reliable for determining WL in all dental groups in both radiographic planes.

Tabla 6.5. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
23	An evaluation of root ZX and iPex apex locators: an in vivo study.	2011	Stöber EK [53]	España	Journal of Endodontics	SI	Evaluación de RootZX e iPEX in vivo.	No statistically significant differences were found between the Root ZX and iPex devices. The mean distance from the actual WL to the file tip was 0.146 ± 0.43 mm for the Root ZX and 0.128 ± 0.49 mm for the iPex. In determining the actual WL, the Root ZX was accurate 72% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm, whereas the iPex was accurate 57.8% of the time to ± 0.5 mm and 100% of the time to ± 1 mm.
24	Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography.	2011	Real DG [29]	Brasil	Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology and endodontics.	SI	Precisión de la determinación de la longitud de trabajo usando 3 localizadores de ápice y radiografía digital directa.	Results presented an accuracy of 94.6% for Elements Diagnostic, 91.9% for Root ZX, 73.0% for Just II, and 64.9% for direct digital radiography when considering the margin of ± 1 mm in relation to the control measurement. Comparisons with the actual control measurements resulted in accuracy results of 13.51%, 13.51%, 10.10%, and 2.70%, respectively. Root ZX and Elements Diagnostic are more accurate in determining working length when compared with Just II and Schick direct digital radiography.
25	Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators.	2011	Vieyra JP [5]	México	International Endodontic Journal	SI	Comparación de la determinación de la longitud de trabajo con radiografías y 4 localizadores de ápice.	For anterior teeth, the Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 and radiographs located the apical constriction 89.09%, 83.63%, 85.45%, 81.81% and 32.72% of the time, respectively. For premolar teeth, the Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 and radiographs located the apical constriction 75%, 61.60%, 64.28%, 61.60% and 32.14% of the time, respectively. For molar teeth, the Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 and radiographs located the apical constriction 69.01%, 50.49%, 65.40%, 43.93% and 14.59% of the time, respectively. There was no statistically significant difference between the four EALs ($P = 0.05$). Measuring the location of the apical constriction using the four apex locators was more accurate than radiographs and would reduce the risk of instrumenting and filling beyond the apical foramen.
26	Comparison of the reliability of "0.5" and "APEX" mark measurements in two frequency-based electronic apex locators.	2011	Jung IY [54]	Corea	Journal of Endodontics	SI	Comparación de la fiabilidad de las indicaciones "0.5" y "APEX" en dos localizadores de ápice electrónicos.	The intraclass correlation coefficient ranged from 0.976-0.994, indicating excellent agreement in both "0.5" and "APEX" marks. The Bland-Altman plots showed that the limits of agreement (mean ± 2 standard deviations) were small enough to confirm that both marks of the 2 EALs can be used for clinical purposes. The distribution of the measurements and outliers was analyzed by using box plots, and it was found that there was no significant difference between the 2 marks. There was no significant difference in the reliability of the "0.5" and "APEX" marks for locating the MF in both devices. Accordingly, knowing where each mark indicates is more important for determining the working length than which mark to choose.
27	Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study.	2010	Cianconi L [30]	Italia	Journal of Endodontics	SI	Precisión de tres localizadores de ápice vs radiografía digital.	Statistical analysis showed that Endex and ProPex II were more accurate than Root ZX in determining the WL. The paired sample t test showed no statistically significant difference between the accuracy of the two radiographic planes examined. The t test showed no significant difference between the three different K-file sizes measurements. Endex and ProPex II were more accurate than Root ZX in determining the actual WL. Instrument sizes of hand files did not affect the accuracy of EALs. EALs showed to be more accurate in determining the WL than RVG.

Tabla 6.6. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
28	In vivo assessment of the impedance ratio method used in electronic foramen locators.	2010	Rambo MV [55]	Brasil	Biomedical Engineering Online	SI	Evaluación in vivo del radio de impedancia en localizadores de ápice.	For the range of frequencies used in the commercial EFLs and for distances ranging from -3 mm to -1 mm of the AF, the impedance of the root canal is mainly resistive. However, when the file tip gets closer to AF, the root canal electrical impedance starts to change from a mainly resistive to a complex impedance. This change in the measured root canal impedance starts when the file tip is near -1.0 mm from the AF, getting stronger as the file tip gets closer to the AF. This change in the impedance behavior affects the ratio (quotient) of the impedance measured at different frequencies. Through graphic analysis it is demonstrated why EFLs based on the ratio method are unable to accurately measure any distances between -3.0 and -0.5 mm from the apical foramen. The only reliable measurement is the 0 mm distance, which is when the file tip is at the AF. The electrical impedance values of 21 root canals were in vivo studied. The results confirm the ability of EFLs that are based on the ratio method to accurately locate the AF position and explain why they are unable to determine the file tip position along the root canal.
29	Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen.	2010	Stoll R [56]	Alemania	International Endodontic Journal	SI	Efectividad de 4 localizadores de ápice en determinar la distancia al foramen apical.	The major foramen was detected by all EALs. With a measurement file positioned directly at the major foramen, meter readings were equivalent to a position 0.01-0.38 mm away. For the Dentaport ZX, a better accuracy using the size 15 file for the area 0-1.5 mm short of the apex was found. The differences in measurements between the two files were smaller for the other EALs. In linear regression, a good linearity for Dentaport ZX and Root ZX mini and moderate linearity for Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and Raypex 5 were found. The slope of the measurement curve was too low (0.37-0.57) for the Raypex 5 and almost optimal for the Dentaport ZX (1.01-1.05). The Root ZX mini and the Elements Obturation Unit produced lower slope values and especially the Elements Obturation Unit revealed much higher SDs at the different measurement levels. Amongst the four EALs, the Dentaport ZX and Root ZX mini had the best agreement between true lengths and meter readings. For the Raypex 5, an interpretation of the colour-coded zones as distance to the foramen cannot be recommended and might lead to erroneous interpretations
30	An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen.	2010	de Vasconcelos BC [57]	Brasil	Oral Surgery, Oral Medicine, Oral pathology, Oral Radiology and Endodontics.	SI	Comparación de la determinación de la longitud de trabajo con 3 localizadores de ápice en posiciones cortas del foramen apical.	Precision of devices at 1.0 mm and 0.0 mm were: 94.7% and 97.4%, respectively (Root ZX); 78.9% and 97.4% (RomiApex D-30); and 76.3% and 97.4% (Ipex). Although no statistical differences were observed between the EALs at 0.0, at 1.0 mm Root ZX performed significantly better than the others. The EALs had acceptable precision when measuring the working length at the AF. However, when used at levels short of the AF, only Root ZX did not suffer a significant negative effect on precision.
31	Ex vivo evaluation of the accuracy and coefficient of repeatability of three electronic apex locators using a simple mounting model: a preliminary report.	2010	D'Assunção FL [58]	Brasil	International Endodontic Journal	SI	Evaluación de la precisión y reproductibilidad de 3 localizadores de ápice.	The coefficient of repeatability of all devices was acceptable: Root ZX-II, 0.04 mm; Mini Apex Locator, 0.10 mm; and Novapex, 0.08 mm. There was little variation in inter-examiner agreement; the rho(C) (Lin) correlation coefficient was 0.83 for examiners 1 and 2, 0.88 for examiners 1 and 3 and 0.99 for examiners 2 and 3. Using the Root ZX-II, 13 of 31 electronic measurements were located at the apical constriction (42%). Otherwise, the tip of the file was not located at the apical constriction in any of the electronic measurements with the other two devices. The Wilcoxon signed rank test did not reveal any statistical difference between the Root ZX-II measurements and the actual length (P = 0.628), but there was a statistical difference between the Mini Apex Locator and Novapex measurements and the actual length position (P < 0.05). The devices tested in this study had a high coefficient of repeatability. The Root ZX-II was accurate, but the Mini Apex Locator and Novapex were not accurate in locating the apical constriction.

Tabla 6.7. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
32	In vitro comparison of three electronic apex locators.	2010	Guise GM [59]	EEUU	Journal of Endodontics	SI	Comparación in vitro de 3 localizadores de ápice.	The mean differences were -0.02 mm, 0.13 mm, and 0.15 mm for the RZX, PAL, and ELE, respectively. One-way analysis of variance showed a highly significant difference among EALs ($p = 0.003$). Student-Newman-Keuls post hoc analysis found significant differences between the RZX and the PAL and between the RZX and the ELE at $p < 0.05$. No significant difference was noted between the PAL and the ELE. The proportion of electronic canal length measurements falling within ± 0.5 mm of the actual canal lengths for the EALs was as follows: 97.5% for the RZX, 95% for the PAL, and 90% for the ELE. The RZX was the most accurate at locating the apical foramen compared with the ELE and the PAL.
33	Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators.	2009	Higa RA [60]	Japón	International Endodontic Journal	SI	Distancia de la punta de la lima al foramen apical en relación al registro numérico en el dispositivo de 3 localizadores de ápice.	There was a statistically significant difference amongst all EALs in indicating the position of file tips in relation to the major foramen ($P < 0.05$). The correlation between the meter reading and the position of the file tip from the apical foramen was statistically significant in the three EALs. There were significant differences amongst the measurements at distances from 0 to 2 mm in Justy III. In Dentaport, significant differences were found from 0 to 1 mm. However, the E-Magic Finder showed significant differences from 0 to 0.5 mm. Justy III was more capable of displaying the intracanal position of the file tip from the major foramen in mm whilst advancing through the root canal during electronic measurements than the Dentaport and E-Magic Finder Deluxe.
34	Occurrence of no-function of two electronic apex locators: an in vivo study.	2009	Chevalier V [61]	Francia	Oral Surgery , Oral medicine, Oral pathology , oral radiology and endodontics.	SI	Incidencia de no función de dos localizadores de ápice.	For both apex locators, the no-function rate remained around 15% and did not seem to be affected by the age of patients. A statistically significant relationship was found between no-function rate and retreatment ($P < .05$). The type of tooth had no influence on the no-function rate. Under the conditions of this assessment in vivo, the 2 apex locators proved to give no value in about 15% of the cases. Further investigations are necessary to clear up the links between no-function and retreatment or age.
35	An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators.	2009	Pascon EA [62]	Italia	International Endodontic Journal	SI	Comparación in vivo de la determinación de la longitud de trabajo con dos localizadores de ápice.	The mean distance between file tip and radiographic apex were -1.08 ± 0.73 and -1.0 ± 0.67 mm considering DentaPort ZX and Raypex 5 groups, respectively, with no significant differences ($P > 0.05$). No statistically significant differences were found amongst the same tooth type when comparing both groups ($P > 0.05$) or amongst different teeth type in the same group ($P > 0.05$). Within the limitations of this in vivo study, the DentaPort ZX and Raypex 5 were similar in terms of accuracy.
36	Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators.	2009	de Camargo EJ [63]	Brasil	Journal of Endodontics	SI	Influencia del preflaring en la precisión de la determinación de la longitud de trabajo con localizadores de ápice. APARATOS	The precise and acceptable (P/A) readings in unflared canals for Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Mini Apex, and Apex DSP were 50%/97.5%, 47.5%/95%, 50%/97.5%, and 45%/ 67.5%, respectively. For preflared canals, the readings were 75%/97.5%, 55%/95%, 75%/97.5%, and 60%/87.5%, respectively. For precise criteria, the preflared procedure increased the percentage of accurate electronic readings for the Root ZX and the Mini Apex Locator ($P < .05$). For acceptable criteria, no differences were found among Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and Mini Apex Locator ($P > .05$). Fisher test indicated the lower accuracy for Apex DSP ($P < .05$). The Root ZX and the Mini Apex Locator devices increased significantly the precision to determine the real working length after the preflaring procedure. All the EALs showed an acceptable determination of the working length between the ranges of ± 0.5 mm except for the Apex DSP device, which had the lowest accuracy.

Tabla 6.8. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Aparatos*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
37	An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators.	2009	Pascon EA [64]	Italia	Oral Surgery, Oral Medicine , Oral pathology, Oral Radiology and Endodontics.	SI	Comparación ex vivo de la determinación de la longitud de trabajo mediante 3 localizadores de ápice.	Within +/-0.5 mm and +/-1.0 mm, the accuracy was 39% and 90% (Dentaport ZX), 31% and 82% (Raypex 5), and 37% and 73% (Elements Diagnostic Unit and Apex Locator), respectively, with statistically significant differences between Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and the other EALs. None of the EALs yielded an accuracy of 100%. Within the limitations of the present study, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator proved to be less reliable than Dentaport ZX and Raypex 5 in the determination of the real working length.
38	An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files.	2009	Siu C [65]	EEUU	Journal of Endodontics	SI	Comparación in vitro de Root ZX II, Apex NRG XFR y Mini Apex Locator usando limas rotatorias de NiTi.	The accuracy of the Root ZX II, Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator in locating the minor diameter within +/-0.5 mm was 50%, 46.43%, and 39.29%, respectively. There was no statistically significant difference between the EALs in locating the minor diameter. The determination of WL by using hand files in the control teeth was more accurate. The Root ZX II, Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator used with rotary NiTi files were able to locate the apical constriction within +/-0.5 mm only 50% or less of the time.
39	Accuracy of root canal length determination with the impedance ratio method.	2009	Jan J [66]	Eslovenia	International Endodontic Journal	SI	Precisión de la determinación de trabajo mediante el método de radio impedancia.	The optimal determination of the major apical foramen position was obtained at frequencies of 5 kHz and 0.5 kHz, 10 kHz and 0.5 kHz, and 5 kHz and 1 kHz, for the impedance ratios 0.73 (95% CI: -0.33 to 1.74 mm), 0.66 (95% CI: -0.34 to 1.81 mm) and 0.79 (95% CI: -0.33 to 1.58 mm) respectively. The limit of +/-0.5 mm was attained in 86% of all measurements. Standard deviations decreased as the average measured distance approached and extended beyond the major apical foramen. With the obtained optimal measuring parameters, the impedance ratio method determined position of the major foramen within +/-0.5 mm. Accuracy varied depending on the set of frequencies used for evaluation as well as on the selected impedance ratio.
40	Combination of apex locator and endodontic motor for continuous length control during root canal treatment.	2009	Altenburger MJ [67]	Alemania	International Endodontic Journal	SI	Combinación de localizadores de ápice y motor endodóntico para el control de la longitud de trabajo durante el tratamiento de conductos.	Distances between the file tip and the major apical foramen were not significantly different between the file systems and the two EALs. In cases treated with FlexMaster significantly larger distances between file tip and minor apical foramen were found compared to M(two) and ProTaper. No significant differences were observed between the two EALs. After preparation of the root canals with the Tri Auto ZX, multiple minor apical foramina were mechanically widened. With the limitation of this laboratory study the combination of EAL and endodontic motor was as accurate as the Tri Auto ZX system in terms of length control during root canal preparation.
41	Accuracy of electronic apex locater-controlled handpieces.	2009	Barthelemy J [9]	Suiza	Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology and endodontics.	SI	Precisión de los localizadores de ápice controlados mediante instrumental rotatorio.	In the manual mode, the XSmart Dual device reported significantly shorter working lengths than the Dentaport ZX or the Endomaster devices. In the motor-driven mode, the XSmart Dual device reported significantly longer working lengths than the Dentaport ZX but not the Endomaster. Most instruments driven by the handpieces were confined within the root canal and differences in working lengths between manual and motor-driven modes were small for all devices (tenths of millimeters). We concluded that although the motor-driven mode of these devices appeared to be clinically safe, measurements obtained in manual and motor-driven operating modes are not equivalent.
42	Consistency of apex locator function: a clinical study.	2009	ElAyouti A [8]	Alemania	Journal of Endodontics	SI	Consistencia de la función del localizador de ápice.	The function of apex locators was consistent in 85% of the patients (429/507 [99% confidence interval, 80-88]). The inconsistent measurements were strongly associated with partially or totally obliterated root canals (p < 0.0001). Radiographically, 97% of consistent measurements were "acceptable."

Tabla 7.1. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Irrigantess*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	The influence of two forms of chlorhexidine on the accuracy of contemporary electronic apex locators.	2019	Marek E [68]	Polonia	BMC Oral Health	SI	Influencia de dos formas de clorhexidina (Irrigantes) en la precisión de los localizadores de ápice contemporáneos	Statistically significant differences were found between CHX-S and NaOCl and CHX-G and NaOCl, but no significant differences were detected between CHX-S and CHX-G during the testing of both devices. No statistically significant differences were observed between the Raypex 5 and ApexDal for all intracanal media tested.
2	The Influence of Various Irrigants on the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators in Locating Simulated Root Perforations.	2017	Altunbas D [12]	Turquía	Journal of Endodontics	SI	Influencia de varios irrigantes en la precisión de 2 localizadores de ápice electrónicos a la hora de localizar perforaciones radiculares simuladas.	The most accurate measurements for both EALs were obtained in dry conditions. Among the irrigation solutions in the Dentaport ZX group, EDTA gave the most accurate results, and NaOCl gave the least accurate ones. However, measurements with NaCl were closer to the AL than those obtained with EDTA for the Rooter group. Significant differences were noted among the EALs when the measurements were taken with NaOCl, NaCl, and EDTA (P < .05).
3	The Effect of File Size and Type and Irrigation Solutions on the Accuracy of Electronic Apex Locators: An In Vitro Study on Canine Teeth.	2016	Janeczek M [19]	Polonia	BioMed Reserach International	SI	Efecto del tamaño de las limas y el tipo de irrigante en la precisión de los localizadores de ápice : Estudio in vitro en caninos	Comparative examinations with the use of steel instruments demonstrated insignificant measurement differences. Compared to these results, the measurements in nickel titanium group were characterized by more considerable deviations.
4	The effect of residual calcium hydroxide on the accuracy of a contemporary electronic apex locator.	2015	Ustun Y [69]	Turquía	Acta Odontologica Scandinavica	SI	Efecto de CAO residual en la precisión de un localizador de ápice electrónico.	In group C, pre/post WLs were significantly different (p < 0.05). No significant difference was observed between the other experimental groups and the control group.
5	Effect of chloroform, orange solvent and eucalyptol on the accuracy of four electronic apex locators.	2013	Al-Hadlaq SM [14]	Arabia Saudi	Australian Endodontic Journal : The journal of the Australian Society of Endodontoly Inc.	SI	Efecto del cloroformo, disolvente de naranja y eucaliptol en la precisión de 4 localizadores de ápice electrónicos.	The accuracy of each apex locator was not affected by the type of retreatment solution present in the root canal. In addition, the accuracy of the four apex locators was similar in the presence of each of the tested solutions.

Tabla 7.2. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Irrigantess*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
6	Effect of solvents on the accuracy of the Mini Root ZX apex locator.	2013	Er O [13]	Turquía	International Endodontic Journal	SI	Efecto de los disolventes en la precisión de Mini Root ZX.	There were significant differences between AWL and WL measurements in subgroups A2 (Resosolv group) and B2 (Endosolv E group). In these subgroups, WL was shorter than AWL ($P < 0.05$). Also, the accuracy of the Resosolv group was significantly lower than the others ($P < 0.05$) at a ± 0.5 mm margin of error. Removing root fillings may require use of a solvent. In these cases, ERCLMDs may exhibit a lower accuracy, thus operators must exercise additional care when measuring the working length using ERCLMDs.
7	In vivo evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants.	2013	Duran-Sindreu F [70]	España	International Endodontic Journal	SI	Evaluación in vivo de iPex y Root ZX usando varios irrigantes.	The accuracy of the iPex nor Root ZX EAL was not affected by 2.5% NaOCl or 2% CHX ($P > 0.05$). However, significant differences were observed between the readings of the iPex and Root ZX, irrespective of whether 2.5% NaOCl or 2% CHX was used as the irrigant ($P < 0.05$). The iPex was less accurate than the Root ZX in determining the RWL. The accuracy of neither the iPex nor Root ZX EAL was affected by the irrigant used. However, the iPex was less accurate than the Root ZX in determining the RWL both for 2.5% NaOCl and for 2% CHX.
8	An overview of electronic apex locators: part 2.	2013	Ali R [47]	Reino Unido	British Dental Journal	SI	Una revisión de localizadores de ápice.	The presence of different irrigating media in the RCS does not impact significantly on the performance of third/fourth generation apex locators. The devices are most accurate at determining the apical limit when the attached endodontic file contacts the periodontal ligament space and the visual analogue displays 'Apex' or '0.' Given the accuracies of modern generation EALs, the clinician should be able to consistently identify the apical limit of the tooth under treatment. Their use in conjunction with appropriate radiographs and the clinician's knowledge of average RCS lengths and anatomy will maximise the
9	In vivo evaluation of the Raypex 5 by using different irrigants.	2012	Gomes S [71]	España	Journal of Endodontics	SI	Evaluación in vivo de Raypex 5 utilizando diferentes irrigantes.	No significant differences were found among the experimental groups ($P = .18$). The mean distance from the RWL to the file tip was -0.26 ± 1.14 mm when 17% EDTA was used, -0.03 ± 0.92 mm for 2% CHX, and 0.22 ± 0.93 mm for 2.5% NaOCl. The Raypex 5 performed equally well irrespective of the irrigant used.
10	Accuracy of three electronic apex locators in the presence of different irrigating solutions.	2010	Carvalho AL [72]	Brasil	Brazilian Oral Research	SI	Precisión de tres localizadores de ápice en presencia de diferentes irrigantes.	Similar results were observed for the percentage of electronic measurements closer to the GS obtained with the Elements Diagnostic® and the Root ZX® EALs ($p > 0.05$), independent of the irrigating solutions used. The measurements taken with these two EALs were more accurate than those taken with Apex DSP®, regardless of the irrigating solution used ($p < 0.05$). It was concluded that Elements Diagnostic® and Root ZX® apex locators are able to locate the cementum-dentine junction more precisely than Apex DSP®. The presence of irrigating solutions does not interfere with the performance of the EALs.

Tabla 8. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Foramen Apical*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study.	2020	Abdelsam M [73]	Egipto	Journal of Endodontics	SI	Impacto del patency apical en la precisión de los localizadores de ápice : Root ZX and Raypex 6.	Friedman's test showed no statistically significant difference between the 2 apex locators before blockage ($P > .05$; effect size = 0.013). Within the margin of accuracy ± 1 , both Root ZX and Raypex 6 revealed the same percentage of accuracy, 96.7%. After blockage, both apex locators revealed a statistically significant difference in median measurement error compared with the measurements before blockage ($P < .05$; effect size = 0.305). Root ZX showed a higher median measurement error (> -1 mm and 0.01-0.5 mm) than Raypex 6.
2	Ex Vivo Evaluation of the Accuracy of Electronic Foramen Locators in Root Canals with an Obstructed Apical Foramen.	2015	de Vasconcelos BC [74]	Brasil	Journal of Endodontics	SI	Evaluación ex vivo de la precisión de los localizadores de ápice en canales radiculares con foramen apical obstruido.	The precision rates at 0.0, -1.0, and the OAF were 94.7%, 43.9%, and 1.8% (RZX); 93.0%, 54.4%, and 54.4% (Propex II); and 93.0%, 68.5%, and 75.4% (AID), respectively (± 0.5 mm). No significant differences were found between the devices at 0.0; however, for the measurements at -1.0 and the OAF, the AID offered significantly better results than RZX ($P < .05$).
3	Accuracy of an electronic apex locator in the retreatment of teeth obturated with plastic or cross-linked gutta-percha carrier-based materials: an ex vivo study.	2014	Mancini M [75]	Italia	Journal of Endodontics	SI	Precisión de los localizadores de ápice en retratamiento.	Both EL1 and EL2 values provided a statistically significant overestimation of the actual canal length (DL [$P < .05$]), with the EL2 values higher from DL. The 2 different materials did not influence the accuracy of the EAL differently ($P = .486$).
4	Accuracy of the Dentaport ZX apex locator for working length determination when retreatting molar root canals.	2014	Cimili H [76]	Turquia	Australian endodontic Journal : The journal of the Australian Society of Endodontology inc.	SI	Precisión de Dentaport ZX en la determinación de la longitud de trabajo en el retratamiento de molares.	For both canals, no significant difference was found between RTL and EAL major, and 0.5 mm short of RTL and EAL minor ($P > 0.05$). There were significant differences found between all other readings. The Dentaport ZX could not detect the minor foramen accurately but was able to indicate the major foramen in molars undergoing a root canal retreatment procedure.
5	Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study.	2011	Herrera M [15]	España	Journal of Endodontics	SI	Diámetro crítico del foramen apical y tamaño de lima con Root ZX.	The accuracy of the Root ZX apex locator with a range of error of ± 0.5 mm was 87% in an apical foramen size of 0.6 mm and 84% using files size 45 or larger in an apical foramen size of 0.7 mm. With a tolerance of ± 1 mm, the accuracy was 99% in an apical foramen size of 0.6 mm, 98% using files size 45 or larger in an apical foramen size of 0.7 mm, and 95% using files size 70 or larger in an apical foramen size of 0.8 mm. In the rest, accuracy was not certain. The measurements taken with smaller files were shorter. There were no cases of overestimation of the working length. The Root ZX apex locator was accurate for an apical size of 0.6 mm, independently of the file size; between 0.7 to 0.8 mm, we should adjust the files to the foramen, whereas above size 0.9 mm the locator is not accurate. The results show that the accuracy of this electronic apex locator is gradually lost as the foramen widens. Considering the stable conditions of in vitro studies, our findings advise caution in clinical application of the locator.
6	Investigation of apex locators and related morphological factors.	2010	Ding J [18]	China	Journal of Endodontics	SI	Investigación de los localizadores de ápice y los factores morfológicos relacionados .	The average DMFFs were 0.261 mm, 0.376 mm, and 0.383 mm for the Root ZX (J. Morita, Kyoto, Japan), Raypex 5 (VDW, Munich, Germany), and Elements Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA), respectively. The file tips determined by EALs were much closer to the major foramen in teeth with a "lateral major foramen" ($p < 0.001$). The area and diameters of the minor foramen were significantly related to the variation of the DMFFs determined by EALs. When the "minor foramen" reading was given, the file tip connected to the Root ZX was much closer to the major foramen than the other two EALs. The minor foramen's morphology and the major foramen's location were both important influencing factors on the performance of EALs.

Tabla 9. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Limas*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	Influence of different sized files on the accuracy of two electronic apex locators.	2018	Orosco FA [77]	Brasil	Australian Endodontic Journal : the journal of the australian society of Endodontology Inc.	SI	Influencia del tamaño de diferentes limas en la precisión de dos localizadores de ápice.	From #60 to #130 K-file, observed differences were noted between the values obtained with both EALs and WL ($P \leq 0.05$). The MiniApex Locator showed increased means when measurements were made with #50 to #70 and with #120 ($P = 0.008$) and #130 ($P = 0.005$) K-files. File sizes influenced the accuracy of EALs - the greater the instrumentation size, the higher mean differences compared to WL.
2	The Effect of File Size and Type and Irrigation Solutions on the Accuracy of Electronic Apex Locators: An In Vitro Study on Canine Teeth.	2016	Janecek M [19]	Polonia	BioMed Reserach International	SI	Efecto del tamaño de las limas y el tipo de irrigante en la precisión de los localizadores de ápice : Estudio in vitro en caninos .	Comparative examinations with the use of steel instruments demonstrated insignificant measurement differences. Compared to these results, the measurements in nickel titanium group were characterized by more considerable deviations.
3	Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study.	2011	Herrera M [15]	España	Journal of Endodontics	SI	Diámetro crítico del foramen apical y tamaño de lima con Root ZX.	The accuracy of the Root ZX apex locator with a range of error of ± 0.5 mm was 87% in an apical foramen size of 0.6 mm and 84% using files size 45 or larger in an apical foramen size of 0.7 mm. With a tolerance of ± 1 mm, the accuracy was 99% in an apical foramen size of 0.6 mm, 98% using files size 45 or larger in an apical foramen size of 0.7 mm, and 95% using files size 70 or larger in an apical foramen size of 0.8 mm. In the rest, accuracy was not certain. The measurements taken with smaller files were shorter. There were no cases of overestimation of the working length. The Root ZX apex locator was accurate for an apical size of 0.6 mm, independently of the file size; between 0.7 to 0.8 mm, we should adjust the files to the foramen, whereas above size 0.9 mm the locator is not accurate. The results show that the accuracy of this electronic apex locator is gradually lost as the foramen widens. Considering the stable conditions of in vitro studies, our findings advise caution in clinical application of the locator.
4	The accuracy of the Raypex5 electronic apex locator using stainless-steel hand K-file versus nickel-titanium rotary Mtwo file.	2010	Sadeghi S [20]	Iran	Medicina oral , patología oral y cirugía bucal .	SI	La precisión de Raypex5 usando limas K manuales de acero inoxidable vs limas rotatorias de níquel titanio.	There was no significant difference between 15/0.02 stainless-steel hand K- file and 10/0.04 NiTi rotary Mtwo file for the mean differences between actual and electronic working length ($p=0.126$). Under the conditions of this in-vitro study, Raypex5 registered more measurements in acceptable range using 15/0.02 stainless-steel hand K- file and 10/0.04 NiTi rotary Mtwo file. It is possible to use them interchangeably without compromising the working length.

Tabla 10. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Patologías / Alteraciones*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	A Micro-computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars.	2018	Piasecki L [22]	EEUU	Journal of Endodontics	SI	Evaluación de la precisión de 3 localizadores de ápice en conductos curvos de molares mandibulares.	All electronic measurements showed high agreement with their respective gold standard, except the electronic root canal length of the Apex ID ($P < .05$). No difference in the percentage of precise measurements (within the ± 0.5 mm) was found among the devices (χ^2 and z tests, $P > .05$). Of the anatomic parameters evaluated, the presence of a lateral foramen negatively affected the 0.0 mark of the Apex ID (Wilcoxon test, $P < .05$).
2	Evaluation of the Reliability of Cone-beam Computed Tomography Scanning and Electronic Apex Locator Measurements in Working Length Determination of Teeth with Large Periapical Lesions.	2016	Ustun Y [21]	Turquia	Journal of Endo	SI	Evaluación de la fiabilidad del CBCT y Localizadores de ápice electrónicos en la determinación de la longitud de trabajo en dientes con grandes lesiones periapicales.	There were no significant measurement differences between the methods used ($P > .05$).
3	The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision.	2016	Piasecki L [78]	EEUU	Journal of Endodontics	SI	Uso del CBCT para determinar la precisión de dos localizadores de ápice y la influencia de las variaciones anatómicas en su precisión.	There was no statistically significant difference in the RCL measurements by any of the different methods. There was a statistically significant difference in the WL recorded by micro-CT imaging compared with those by the visual method and at the "APEX/0.0 mark" - 0.5 mm ($P = .031$). There was no difference in the measurements acquired by any of the EALs. The "APEX/0.0 mark" - 0.5 mm was less accurate than the "0.5" mark. However, the results were not statistically significant ($P > .05$). The position of the AF and the AC-AF distance affected the accuracy of the RCL ($P = .003$) and the "0.5" mark ($P = .013$).

Tabla 11. Estudios en JCR-ISI WOS para la variable *Dientes Temporales*.

Nº	TÍTULO	AÑO	AUTOR	PAÍS	REVISTA	JCR	OBJETIVO DEL ESTUDIO	RESULTADOS
1	Ex vivo comparison of radiographic and electronic root canal length measurements in primary molars.	2015	Topaloglu-Ak A [79]	Turquía	European Journal of Paediatric Dentistry	SI	Comparación ex vivo de medición electrónica y radiográfica de la longitud de trabajo en dientes temporales.	The mean measurements obtained with the EAL (14.06±1.89 mm) were significantly lower than measurements done with SPP images (14.24±1.98 mm) (p<0.05). However, when both root canal length measurement techniques were compared to stereomicroscopic measurements (gold standard), no statistically significant difference was found.
2	Accuracy of three different apex locators and visual exam in primary teeth with and without root resorption in vitro.	2014	Oznurhan F [80]	Turquía	European Journal of Paediatric Dentistry	SI	Precisión de 3 localizadores de ápice y examen visual en dientes temporales con y sin reabsorción in vitro.	The measurements closest to the visually determined length were obtained with EndoMaster. No statistically significant differences were found between visual and apex locators lengths (p>0.05).
3	Clinical evaluation of apex locator and radiography in primary teeth.	2015	Oznurhan F [81]	Turquía	International Journal of Paediatric Dentistry	SI	Evaluación clínica del localizador de ápice y radiografía en dientes temporales.	The mean values for radiography were 13.23 ± 1.92 mm and for EndoMaster were 13.08 ± 1.77 mm. The accuracy of EndoMaster was 80.2% in correct measurements ±1 mm (P < 0.001).
4	Accuracy of electronic apex locators in primary teeth: a meta-analysis.	2015	Ahmad IA [23]	Arabia Saudí	International Endodontic Journal	SI	Precisión de localizadores de ápice electrónicos en dientes temporales.	Overall, 19 studies met the inclusion criteria and were subjected to further data extraction. Meta-analysis of studies that reported mean lengths and difference in mean lengths between EAL and actual root canal length (ARCL) revealed a significant difference (P = 0.015) between the two readings whilst those studies that evaluated intraclass correlation (ICC) suggested a high correlation (P < 0.0001) between the EAL and ARCL readings. A subgroup analysis revealed that the presence of root resorption did not affect the accuracy of EALs (P = 0.567).
5	Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: an ex vivo study.	2011	Nelson-Filho P [31]	Brasil	International Endodontic Journal	SI	Precisión de iPex en dientes temporales.	Comparison of the actual and the electronic measurements revealed high correlation (ICC = 0.99) between the methods, regardless of the presence or absence of physiological root resorption. In this laboratory study, the iPex accurately identified the apical foramen or the apical opening location for working length measurement in primary molar teeth.
6	Ex vivo accuracy of an apex locator using digital signal processing in primary teeth.	2009	Leonardo MR [82]	Brasil	Pediatric Dentistry	SI	Precisión ex vivo de un localizador de ápice en dientes temporales.	Comparing the actual and electronic root canal length measurements in the primary teeth showed a high correlation (ICC=0.95). The Digital Signal Processing apex locator is useful and accurate for apex foramen location during root canal length measurement in primary molars.
7	Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption.	2009	Angwaravong O [83]	Tailandia	International Endodontic Journal	SI	Precisión de un localizador de ápice electrónico en dientes temporales con reabsorción radicular.	Mean differences between Root ZX length meter reading 'Apex' and actual length were 0.01 +/- 0.23 mm whereas mean differences between Root ZX length meter reading '0.5 bar' and actual length were -0.33 +/- 0.30 mm. The Root ZX was 96.7% accurate to within +/- 0.5 mm of the apical foramen when compared with the actual canal length of primary molars with root resorption. Using a criterion of +/- 0.5 mm, the accuracy of the Root ZX was high and not affected by root resorption. When compared with direct canal measurement, the error in locating the apical foramen was smaller with measurement at meter reading 'Apex' than meter reading '0.5 bar'.