



# Alcances de la odontología digital en la microcirugía endodóntica

Autor: Dr. Pablo Aguirre Cesin

Tutora: Dra. Ma. Laura Giménez del Arco

Carrera de Especialización en Endodoncia

Escuela de Graduados - FO UdelaR

2023

## RESUMEN

En los últimos años la evolución de la tecnología, biomateriales y técnicas ha generado un constante cambio en la microcirugía endodóntica. De esta forma es considerada parte indivisible del protocolo de revisión.

**Objetivo:** Recopilar y describir la evidencia actual reportada sobre microcirugía endodóntica, con el empleo de herramientas de odontología digital y la ejecución de procedimientos guiados.

**Método:** La revisión realizada es de tipo descriptiva. En su elaboración se consultaron las bases de datos: PUBMED, Scopus, SciELO, PORTAL TIMBO, BVS y GOOGLE SCHOLAR.

**Desarrollo:** Las indicaciones para aplicar la microcirugía endodóntica, son sumamente precisas. Resulta como elección cuando el tratamiento no quirúrgico es inviable o incapaz de mejorar los resultados previos. Por otra parte, estas técnicas no siempre resuelven las deficiencias de procedimientos ortógrados preexistentes.

Se compone de una serie de etapas, cuyo orden y precisión afectan directamente el resultado del procedimiento. El manejo de los diferentes tejidos involucrados condiciona los resultados estéticos, funcionales y consecuentemente la conservación del órgano dentario. El tejido blando (colgajos), óseo (lesión y osteotomía) y dentario (apicectomía, retropreparación y retroobtusión) son manejados bajo una filosofía mínimamente invasiva, que permite técnicas quirúrgicas conservadoras asistidas por herramientas de odontología digital. Mediante el uso de esta tecnología pueden establecerse procedimientos guiados. Estos surgen en la neurocirugía con la estereotaxia, acto microquirúrgico que requiere exacta localización de estructuras intracraneales para posicionar electrodos, agujas o catéteres.

En odontología el uso de guías es aplicado inicialmente en implantología, Su empleo en endodoncia comienza en procedimientos ortógrados y posteriormente es aplicado en microcirugía apical.

El flujo de trabajo digital combina la adquisición de datos a partir de una tomografía de haz cónico y un escaneado intraoral, permitiendo la planificación y ejecución del procedimiento.

Las guías pueden ser estáticas (con impresión de un dispositivo) o dinámicas (en tiempo real). Las primeras se clasifican según su diseño y objetivo de uso, habiendo posibilidad de aplicarlas en diferentes etapas de la cirugía (retracción del colgajo, osteotomía y/o apicectomía). Las segundas, basadas en cámaras aéreas estereoscópicas de seguimiento, relacionan la posición de la mandíbula del paciente

y el instrumento clínico (mediante marcadores esféricos que permiten la exacta ubicación en el espacio).

**Discusión:** Estas técnicas, si bien tienen varios años de aplicación, su estudio aún sigue en curso. Más allá de esto, el aumento de precisión, fundamentalmente al conservar estructuras vitales y tejidos sanos, resulta ser su principal ventaja. No sustituyen el manejo del tercio apical con entendimiento de las bases biológicas, la visualización 3D y el correcto manejo, por parte del operador.

**Conclusiones:** La microcirugía endodóntica ha demostrado gran eficacia y una alta tasa de éxito desde su aplicación. La incorporación del flujo de trabajo digital promueve y facilita procedimientos mínimamente invasivos, haciendo que estas técnicas sean altamente predecibles.

**Palabras clave:** *Apicoectomy, apical periodontitis, cone beam computed tomography, CAD CAM, 3D printing, accuracy guided technique, root resection stent.*

## **SUMARIO**

### **1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

1.1 Cambio de paradigma y situación actual de la Microcirugía Endodóntica.

### **2 OBJETIVOS**

2.1 Objetivo general

2.2 Objetivos específicos

### **3 MÉTODO**

### **4 DESARROLLO**

4.1 Indicaciones de la microcirugía endodóntica

4.2 Etapas de la microcirugía endodóntica: Manejo de los tejidos involucrados

4.2.1 Tejidos blandos

4.2.2 Tejido óseo

4.2.3 Tejido dentario

4.2.3.1 Corte apical y retropreparación ultrasónica

4.2.3.2 Obturación a retro

4.3 Odontología digital

4.3.1 Introducción

4.3.2 Fases del flujo digital

4.4 Adquisición de datos

4.4.1 Tomografía de Haz Cónico

4.4.2 CAD CAM

4.5 Guías estáticas

4.5.1 Clasificación

4.5.2 Etapas de planificación y diseño

4.5.3 Factores a considerar en la confección

4.5.4 Situaciones clínicas de aplicación

- 4.5.4.1 Guías para corte apical
- 4.5.4.2 Guías para ostectomía
- 4.5.4.3 Guías para retracción de colgajo
- 4.5.4.4 Situaciones combinadas

#### 4.6 Guías dinámicas

- 4.6.1 Concepto y características principales

### 5 DISCUSIÓN

### 6 CONCLUSIONES

### 7 REFERENCIAS

## 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En los últimos años la evolución de la tecnología, biomateriales y técnicas ha posicionado a la endodoncia en un papel preponderante dentro de la odontología. Como consecuencia, la interrelación con las otras disciplinas ha evolucionado generando una visión integral.

La endodoncia tiene como objetivo principal, prevenir y tratar la periodontitis apical. Nair plantea 6 factores biológicos causantes de radiolucidez apical posterior al tratamiento: Infección intraradicular persistente (por complejidad anatómica o endodoncia deficiente), infección extraradicular, reacción a cuerpo extraño, cristales de colesterol que irritan los tejidos periapicales, quistes verdaderos y tejido cicatrizal de una lesión (1).

La infección puede clasificarse en primaria o secundaria, dependiendo si está asociada a conductos no tratados o tratados respectivamente.

Las primarias con grandes lesiones periradiculares han mostrado una microbiota más compleja y con mayor número de especies. En lesiones post-tratamiento no habría relación entre su tamaño y la densidad bacteriana en el tercio apical, pero su dimensión estaría relacionada a una mayor presencia de zonas no obturadas dentro del sistema de conductos. A su vez, según Siqueira y col. (2020) las especies predominantes serían *Actinobacterias* y *Streptococcus*, siendo la primera más asociada a granulomas (2).

Bacterias extraradiculares fueron aisladas en el cuerpo de la lesión o adheridas a la superficie externa de la raíz, pero siempre en relación a la infección presente dentro del sistema de conductos. Actualmente se sabe que la infección extraradicular constituye un porcentaje minoritario (2).

Cuando el tratamiento endodóntico convencional no logra el objetivo o cuando se ve impedido, el complemento quirúrgico se impone para mejorar los resultados.

En 1884 John Farrar (citado por Gutmann) define a la cirugía como un acto audaz que elimina toda la causa y conduce a una cura permanente. Todo esto en un contexto en el que la teoría de la infección focal hacía que la extracción dentaria fuera una práctica rutinaria. Además el acto quirúrgico estaba orientado fundamentalmente a eliminar el tejido blando que forma la lesión (3). Es así como surge la apicectomía como técnica, que consistía en la resección del ápice con la posterior formación de una cavidad que recibiera un material de obturación. Por las limitaciones del

instrumental usado, el corte tenía una angulación de 45 grados y la cavidad difícilmente seguía un eje co-axial (4). La amalgama era el material elegido para la obturación, aunque posteriormente surge el super EBA para dicha finalidad.

### **1.1 Cambio de paradigma y situación actual de la microcirugía endodóntica.**

La cirugía ha sido uno de los complementos de la endodoncia durante mucho tiempo. Actualmente ambas especialidades confluyen generando múltiples opciones terapéuticas dentro de un cambio de paradigma (5). Según la RAE (Real Academia Española) paradigma obedece a teoría o conjunto de teorías cuyo núcleo central se acepta sin cuestionar, y que suministra la base y modelo para resolver problemas y avanzar en el conocimiento.

Es así, que la cirugía endodóntica, subdividida en apical y periradicular, es objeto de una gran revisión y evolución. Mediante la incorporación de magnificación-iluminación, el desarrollo de microinstrumentos y biomateriales, ha incrementado su precisión en forma notoria (4,6,7) , generando una brecha mínima entre el éxito clínico y el biológico (8). De esta forma, se logra ese cambio en el paradigma establecido en la cirugía apical convencional, donde la apicectomía era resuelta con los limitados recursos disponibles (6,9) .

La microcirugía endodóntica incluye una serie de procedimientos en espacios excepcionalmente pequeños, asistidos por un microscopio operatorio (10–12).

Cohen considera a estos procedimientos como una extensión del tratamiento no quirúrgico, ya que se mantienen dentro del mismo objetivo basado en la prevención o eliminación de la periodontitis apical (13).

Castellucci prefiere definirla como una endodoncia quirúrgica, basado en un proceso similar, donde varía la ejecución de su acceso (ortógrado o retrógrado), siendo incluida como parte integral en los protocolos de revisión endodóntica (7).

Mediante un meta-análisis, Kang y col. compararon el resultado de la revisión endodóntica no quirúrgica con la microcirugía endodóntica. Presentaron resultados de éxito estables del 80 y 92% respectivamente. Pasados los 4 años de seguimiento, no hubo diferencia significativa entre ambos procedimientos (14). Song y col. encontraron que anteriores, premolares y molares tienen diferentes tasas de éxito después de microcirugía, además de encontrar diferencias entre dientes maxilares y mandibulares, justificado en los desafíos anatómicos (15).

La periodontitis apical tiene una alta prevalencia mundial, y por ser una enfermedad dinámica su proceso de reparación puede llevar hasta 4 años (5). Una correcta elección de la terapéutica, depende de la evaluación de múltiples factores. La presencia de sellado coronario, el tipo de restauración, el acceso, la experiencia del operador y la preferencia del paciente, condicionan la decisión (16).

En una investigación clínica, Song y col. evaluaron las causas de fracaso endodóntico, de forma intraquirúrgica, bajo un microscopio operatorio. Analizaron los ápices, posteriormente a su corte, y de 493 dientes obtuvieron los siguientes resultados: Espacios entre el material de obturación y dentina 30,4%. Conductos no tratados 19,7%. Subobturación 14,2%. Complejidades anatómicas 8,7%. Sobreobturación 3,0%. Problemas iatrogénicos 2,8%. Cálculos apicales 1,8%. Cracks 1,2% (17).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Recopilar y describir la evidencia actual reportada sobre microcirugía endodóntica, con el empleo de herramientas de odontología digital y la ejecución de procedimientos guiados.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analizar los pasos clave de la microcirugía endodóntica
- Describir los aspectos fundamentales del flujo digital aplicado a la microcirugía endodóntica.
- Establecer las situaciones clínicas que justifican el uso de guías estáticas o dinámicas en microcirugía.

## **1. MÉTODO**

La revisión realizada es de tipo descriptiva. En su elaboración se consultaron las bases de datos: PUBMED, Scopus, SciELO, PORTAL TIMBO, BVS y GOOGLE SCHOLAR.

Se utilizaron los descriptores en inglés: *Apicoectomy, apical periodontitis, cone beam computed tomography, CAD CAM, 3D printing, accuracy guided technique, root resection stent* y su correspondiente denominación en español para realizar la búsqueda. Se marcó un lapso de 20 años para relizarla, seleccionando bibliografía de mayor antigüedad referenciada en la información primaria. Se seleccionaron 145 libros y/o artículos completos que abordaban la temática y se completó la búsqueda con la lectura y rastreo de bibliografía referenciada en los mismos.

## 4 DESARROLLO

### 4.1 Indicaciones de la Microcirugía endodóntica

La evaluación exhaustiva de todos los signos y síntomas tiene una gran relevancia, para alcanzar un correcto diagnóstico que induzca a resolver la patología.

Las indicaciones para aplicar la microcirugía endodóntica, son sumamente precisas. Resulta como elección cuando el tratamiento no quirúrgico es inviable o incapaz de mejorar los resultados previos (13). Por otra parte, estas técnicas no siempre resuelven las deficiencias de procedimientos ortógrados preexistentes (18).

-Ante la presencia de lesión perirradicular en un tratamiento o revisión endodóntica, diversas dificultades anatómicas (Hess 1928) o presencia de biofilm extraradicular (19), pueden dificultar la conformación y limpieza del sistema de conductos.

Siqueira y col. en una muestra de 36 ápices tratados con cirugía, establecieron mayoritariamente la infección intraradicular, como la causa de infección persistente asociada al fracaso endodóntico (2).

-Los quistes verdaderos (no relacionados directamente al ápice) representan un 15% de las lesiones (20).

-Si se presenta una lesión periradicular después de un tratamiento endodóntico no satisfactorio, puede verse comprometida la revisión no quirúrgica ante una anatomía alterada. En estas situaciones la tasa de éxito baja a un 40% (5).

-Perforaciones, instrumentos separados y falsas vías constituyen un impedimento, en muchas ocasiones, para realizar el tratamiento ortógrado.

-En presencia de anclajes radiculares como parte de prótesis fijas o restauraciones unitarias, el riesgo de accidentes aumenta considerablemente al retirarlas. De esta forma dichas situaciones serán resueltas quirúrgicamente, siempre y cuando el sellado coronario sea adecuado.

-Cuando falla una cirugía apical tradicional o una microcirugía, estaría indicada la reintervención para mejorar los resultados (6).

-En algunas situaciones, por la dificultad de acceso al sistema de conductos, estas técnicas son necesarias como única opción de tratamiento. Dentro de este grupo están las anomalías de desarrollo como el dens invaginatus (21) o piezas con conductos mineralizados.

-Un capítulo aparte en la indicación de microcirugía endodóntica, lo constituye la formación de cemental tears. Constituyen desprendimientos desde la unión cemento dentinaria, o a lo largo de las líneas incrementales. Una vez formadas pueden inducir irritación mecánica local de los tejidos periodontales y el hueso alveolar, causado por el movimiento intermitente de fragmentos de cemento bajo cargas oclusales funcionales (Qari y col. 2019). Pueden ubicarse en tercio cervical, medio o apical de la raíz. Fueron reportadas en la superficies proximales en un 80% de los casos (Lin y col. 2012), seguramente atribuido a que su diagnóstico radiográfico en caras libres es más difícil (22).

Independientemente de la indicación, este tipo de actos quirúrgicos deben identificar la causa de la patología periradicular. Es así que procedimientos como curetajes apicales, únicamente apuntan a eliminar los síntomas sin modificar los factores que la producen (4,23).

## **4.2 Etapas de la Microcirugía endodóntica: Manejo de los tejidos involucrados**

La microcirugía endodóntica se compone de una serie de etapas, cuyo orden y precisión afectan directamente el resultado del procedimiento. El manejo de los diferentes tejidos involucrados condiciona los resultados estéticos, funcionales y consecuentemente la conservación del órgano dentario. Desde la elevación del colgajo hasta su reposición y sutura, los diferentes pasos ejecutados bajo magnificación y con el auxilio de tecnología e instrumental específico, exigen precisión en busca del objetivo planteado (23).

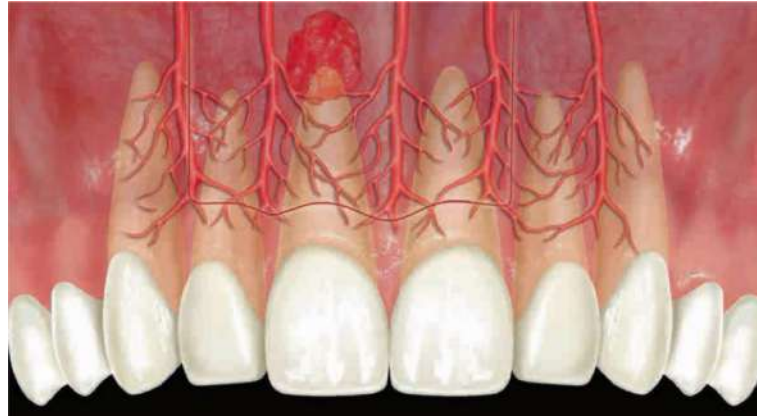
### **4.2.1 Tejidos blandos**

Los tejidos blandos deben ser correctamente manipulados para acceder sin interferencias. Si bien se manejan únicamente espesores mucoperiosticos, los colgajos deben diseñarse y ejecutarse para evitar formación de cicatrices y alteración

de estructuras anatómicas, como las papilas interdentes. El festoneado natural de la arquitectura gingival es parte integral de los parámetros estéticos actuales (24,25). Además, la retracción del colgajo puede aumentar la inflamación en el postoperatorio, cuando no es realizada delicadamente (26). Esto, no solamente es incómodo para el paciente, sino que también aumenta el riesgo de que la herida no cicatrice correctamente.

Las incisiones planificadas, deben permitir el correcto acceso al sitio quirúrgico y su diseño influye directamente en los resultados. En todos los casos habrá una incisión horizontal, cuya altura de ejecución será condicionada por varios factores (como por ejemplo la presencia de coronas).

El número de incisiones verticales puede generar un colgajo triangular o cuadrangular, siendo de primera elección los que tienen una sola descarga en su diseño. Además la dirección de los componentes verticales debe ser perpendicular al plano oclusal. De esa forma transcurren paralelamente a los vasos sanguíneos, generando menor sangrado y consecuentemente menor inflamación (7).



*Figura 1. Importancia del recorrido de los vasos sanguíneos y su relación con los componentes verticales del colgajo (7).*

El diseño será planificado y ejecutado después de evaluar cada caso. Dentro de los más usados en microcirugía apical encontramos:

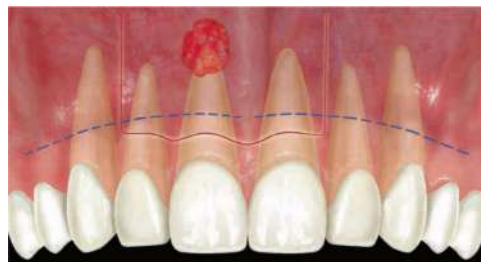
-Sulcular. Cuando la incisión horizontal se realiza a nivel del crévice de las piezas, abarcando las papilas interdentes. Indicado en ausencia de encía insertada, para raíces cortas, en presencia de canales laterales o sospecha de fisuras (5).

-Submarginal. El componente horizontal se realiza 3 o 4 mm hacia coronal de la línea mucogingival siguiendo el festoneado característico del margen gingival. Indicado cuando hay riesgos estéticos, biotipo fino o presencia de elementos protésicos (5) .

-Base papilar. Surge como alternativa de los anteriores cuando es necesario examinar el tercio cervical de una pieza dentaria preservando las papilas. Su contraindicación radica en la presencia de bolsas patológicas que puedan poner en riesgo el aporte sanguíneo de estas estructuras. Comprende una incisión en el crévice y a nivel de la base papilar con un corte en dos planos (variando la orientación de la hoja del bisturí). De esta forma se facilita la reposición del colgajo y la adaptación de los labios de la herida (7,24,25).



A



B



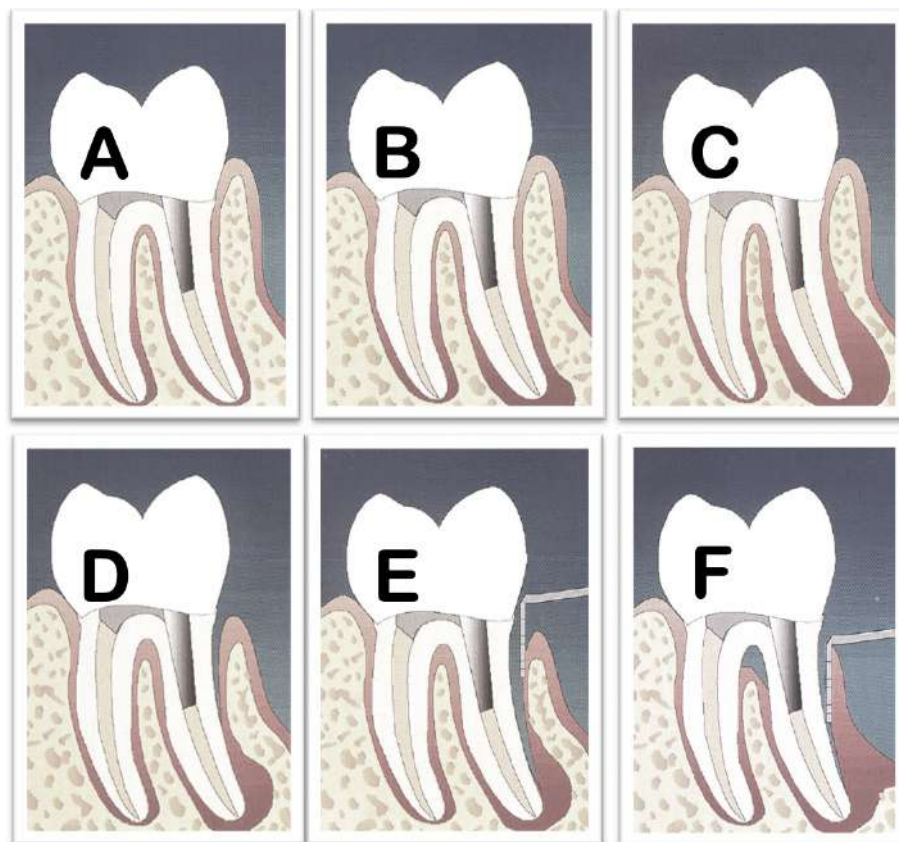
C

Figura 2. A) Incisión sulcular. B) Incisión submarginal en relación a la línea mucogingival. C) Incisión de base papilar con corte de 2 planos (7).

#### 4.2.2 Tejido óseo

El manejo del tejido óseo dependerá de la presencia y extensión de la lesión. De esta forma surge una clasificación por la que se establece un pronóstico de estos procedimientos.

Clase A: Ausencia de lesión periradicular. Clase B: Pequeña lesión, sin afección periodontal. Clase C: Gran lesión que se extiende hacia coronal, sin defectos periodontales. Clase D: Como B o C con defecto periodontal. Clase E: Igual que B o C, pero el defecto periodontal se extiende hacia apical. Clase F: Lesión periradicular con pérdida completa de hueso vestibular o lingual (Figura 3) (18).



*Figura 3.*

Si bien los casos clasificados en el último punto, son de pronóstico reservado, el primer grupo constituye un gran desafío al operador para la localización y tratamiento del ápice radicular (4).

La implementación de nuevas tecnologías (cirugía piezoeléctrica y odontología digital) en el procedimiento microquirúrgico tienden a generar osteotomías más

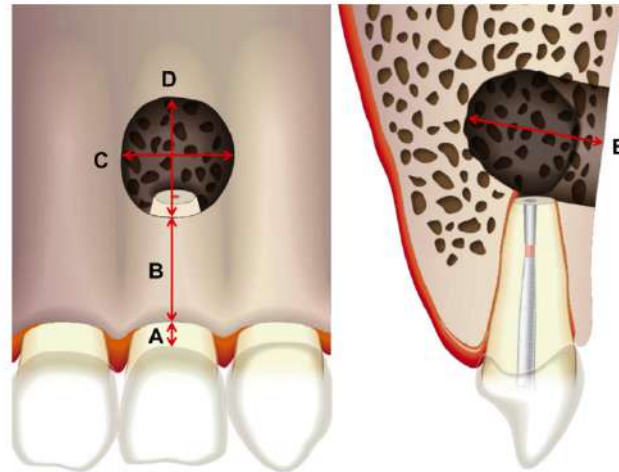
conservadoras, resultando en un post-operatorio inmediato y una reparación más predecible a largo plazo (27–29).

La microcirugía endodóntica con extensa lesión puede necesitar remoción de hueso extra, causando una cicatrización lenta y desfavorable. Rud y Andreasen en 1972 vieron en amplias osteotomías con pérdida cortical palatina y vestibular, reparación con formación de tejido fibroso. El proceso de la patología y/o la remoción de cortical durante el procedimiento puede generar una cicatrización demorada o un eventual fracaso (30).

Los cortes histológicos muestran que el hueso compacto es el último componente en reparar con una tasa del 70% a los 6 meses de seguimiento. En evaluación con CBCT (cone beam computed tomography) después de cirugía apical en humanos, un 54,1% de los casos mostraron reparación de la cortical a 1 año de seguimiento (30,31).

En caso de lesiones que involucren ambas tablas óseas (through and through) la reparación se da en un 25% de los casos, indicándose un complemento de la técnica con regeneración tisular guiada (32–34). Además el periostio juega un papel fundamental como fuente de células osteocompetentes y sirve como barrera contra la migración de células epiteliales dentro del lugar de la reparación (32). Zubizarreta-Macho y col. en una revisión sistemática concluyeron que las técnicas de regeneración tisular guiada aumentan la tasa de éxito de la cirugía endodóntica. El uso de rellenos óseos asociados a membranas colágenas promueven la completa regeneración ósea mejorando el pronóstico del procedimiento (35).

Cuando se suma un defecto periodontal, el pobre pronóstico radica en la formación de un epitelio de unión largo sobre la dehiscencia en la superficie de la raíz. Esto es vulnerable a la diseminación de microorganismos, ocasionando el fracaso de la cirugía (32).



*Figura 4. Muestra la medición del defecto óseo en relación a las estructuras circundantes. Estas dimensiones condicionarán el pronóstico en relación a la capacidad de reparación ósea. A) Pérdida de hueso marginal. B) Altura de tabla vestibular. C) Ancho de la lesión. D) Altura de la lesión. E) Profundidad de la lesión. Siendo la última, la más crítica al establecer el pronóstico (32).*

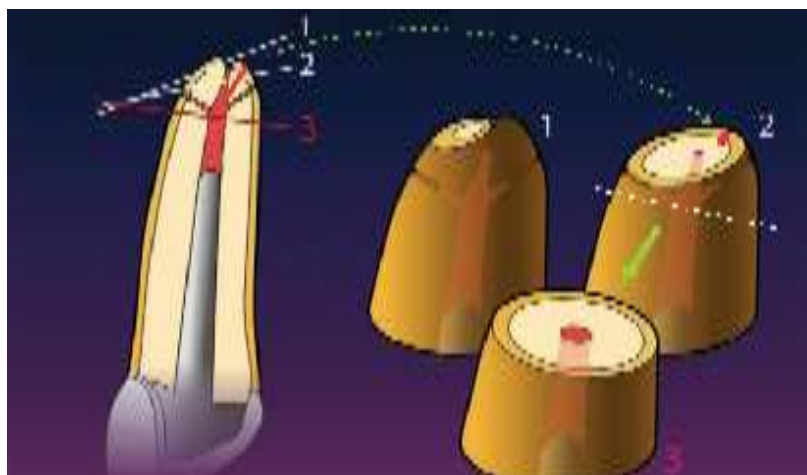
En lesiones extensas, especialmente cuando hay ausencia de ambas corticales, la curación frecuentemente se da por tejido fibroso. Es considerada como un patrón de reparación incompleta (Lay y col. 2022; Taschieri, Del Fabbro, Testori, Saita & Weinstein 2008) y deben ser clasificadas como insatisfactorias dentro de los criterios estrictos de evaluación. El pronóstico de las lesiones ha sido analizado bajo diferentes parámetros, 5mm de diámetro (Li y col. 2014; Zhou y col. 2017) 10 mm de diámetro (Villa-Machado y col. 2013) o 50 mm<sup>3</sup> de volumen (Kim, Jung y col. 2016). Caliskan y col. (2016) sostiene que las lesiones más grandes tienen un tiempo de curación promedio mayor. De 6, 9,5 y 16 meses en pequeñas (2-5,9 mm), medianas (6-9,9 mm) y grandes (10-22 mm) respectivamente. Por todos estos parámetros, resulta de suma importancia el manejo del tejido óseo desde la planificación de la cirugía. Si bien la lesión en este tejido no representa la patología en sí misma, su manejo condiciona el resultado del procedimiento (32,36–38).

#### **4.2.3 Tejido dentario**

El tratamiento del tejido dentario, constituye la parte central de la técnica y condiciona en un alto porcentaje su resultado. La apicectomía, involucra la resección del ápice radicular, la preparación con puntas para ultrasonido del conducto y el sellado con un material bioactivo (23).

#### 4.2.3.1 Corte apical y retropreparación ultrasónica

El cambio de paradigma en microcirugía, fundamenta un corte de los últimos 3 mm radiculares con una angulación de 0 a 10 grados. En esa longitud se encuentra la mayor cantidad de irregularidades anatómicas (98% de ramificaciones apicales, 93% de conductos laterales). Esto además, expone menor cantidad de túbulos dentinarios (8).



*Figura 5. Muestra como los progresivos cortes, abarcan las diferentes estructuras anatómicas del tercio apical (37).*

Este paso persigue objetivos muy concretos: Permitir la eliminación total del tejido patológico, realizar tinción con azul de metileno para identificar la causa del fracaso endodóntico, confeccionar una cavidad clase 1 coaxial con puntas para ultrasonido diamantadas (39) y generar el sellado apical (8).

Posteriormente a la eliminación del tejido patológico (con diferentes tipos de curetas y alcanzando toda la lesión), se procede a la tinción con azul de metileno. Es así que pueden visualizarse claramente estructuras anatómicas como ligamento periodontal, istmos o conductos accesorios. Además de entidades patológicas como grietas, fracturas, desadaptación de obturación, transportes, perforaciones y cualquier pérdida de tejido dentinario (23,40).

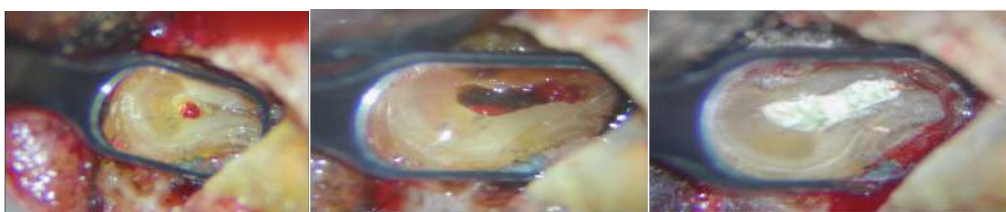
Tras la aplicación del agente colorante, con el microscopio operatorio a gran aumento (16x a 25x) y un microespejo adecuado se efectúa la inspección.

La generación de una cavidad que siga el eje longitudinal del diente, permite la conformación y limpieza del tercio apical radicular posterior a su resección. El uso de puntas para ultrasonido para este fin, ofrece ventajas como: mejorar la visión, conseguir una dirección y profundidad adecuada de trabajo (3 a 9 mm), reducir dimensión de osteotomías para el acceso y generar un nicho que aloje el material de sellado (23).

#### **4.2.3.2 Obturación a retro**

El correcto sellado de la retropreparación es un factor que condiciona el éxito de la microcirugía, generando el bloqueo de los irritantes provenientes del sistema de conductos. Como todo biomaterial, debe cumplir una serie de requisitos para su uso. El desarrollo de los biocerámicos, justifica la aplicación cada vez más difundida como material de retroobtención.

Christiansen y col, incluyeron 52 dientes con infección periradicular de pacientes entre 30 y 77 años, en un ensayo clínico randomizado, comparando el sellado apical con MTA y gutapercha. Las radiografías de control fueron tomadas a la semana y a los 12 meses. Estas fueron evaluadas a ciegas, midiendo el grado de curación en completa, incompleta, incierta o insatisfactoria (41). En sus conclusiones, el estudio enfatiza la importancia de realizar una obturación a retro, posterior al corte apical. Las piezas tratadas con MTA tuvieron una mejor cicatrización (95%). Las piezas donde la gutapercha queda como sellado tuvieron un resultado del 52% (42).



*Figura 6. Muestra la secuencia de conformación y obturación con biocerámico, de un istmo correspondiente a un premolar maxilar (archivo personal).*

A partir del MTA (desarrollado por Torabinejad), esta clase de materiales ha mejorado notoriamente sus características y su espectro de aplicación clínica. El hecho de requerir agua para lograr sus propiedades físico-mecánicas óptimas, genera la opción de uso en lugares donde el control de la humedad resulta un gran desafío (23,43).

Camilleri propone una doble clasificación. La primera basada en el uso específico, según el ambiente, y la segunda según su constitución química y aplicación. Estos materiales hidráulicos (di o trisilicatos cálcicos) al reaccionar con agua producen hidróxido de calcio, generando y promoviendo una serie de reacciones tendientes a provocar la reparación periradicular (43).

### **4.3 Odontología digital**

#### **4.3.1 Introducción**

La evolución de la tecnología ha generado un impacto en la vida humana y como consecuencia en las actividades médicas y odontológicas (44).

La efectividad de la endodoncia (quirúrgica o no) aumenta proporcionalmente con la precisión de las etapas dentro de cada tratamiento. De esta forma, los avances tecnológicos sustentados en la evidencia científica, hacen estos procedimientos más seguros, predecibles y menos invasivos. Neelakantan y col. describen el concepto de cirugía endodóntica mínimamente invasiva (MISE) donde el pilar fundamental es la planificación por CBCT (36). Mediante el uso de tecnología digital pueden establecerse procedimientos guiados. Estos surgen en la neurocirugía con la estereotaxia, acto microquirúrgico que requiere exacta localización de estructuras intracraneales para posicionar electrodos, agujas o catéteres (44).

#### **4.3.2 Fases del flujo digital**

En odontología, tiene sus manifestaciones en las diferentes especialidades. De esta forma hay un cambio en el flujo de trabajo y procedimientos operatorios (44).

Dentro de estos nuevos procedimientos se distinguen cuatro fases:

- A) Adquisición de imágenes.
- B) Procesamiento de datos.
- C) Producción.
- D) Aplicación clínica en el paciente.

El flujo digital en endodoncia es aplicado en la confección de guías, para la localización del conducto en tratamiento ortógrado y para el tratamiento quirúrgico (45). Estas técnicas surgen a partir del éxito de su aplicación en implantología (37,46,47). Cuando la restauración con implantes dentales, aparece como necesidad, es importante su colocación en la posición ideal, de forma predecible empleando tecnología como CBCT, software de planificación y guías manufacturadas por sistemas CAD CAM (computer aided design-computer aided manufacturing). El flujo de trabajo en la cirugía guiada incluye 7 pasos, que van desde el diagnóstico clínico a la ejecución quirúrgica, basados en la posición tridimensional de los implantes bajo un diseño protésico. Esto requiere de una curva de aprendizaje. La suma de errores en los diferentes pasos del proceso pueden generar imprecisión (46).

Se puede diferenciar entre guías estáticas y dinámicas. Las primeras se diseñan e imprimen a partir de la información dada por una CBCT y un escaneado intraoral. Las segundas usan datos de una CBCT combinados con la grabación de movimientos de un instrumento en tiempo real (48).

La endodoncia guiada, no solamente ayuda en el diagnóstico y plan de tratamiento, es usada como eficiente herramienta en su ejecución. Todo esto sustentado en una filosofía de procedimientos mínimamente invasivos, permitiendo mayor conservación de tejido dentario (fundamentalmente de dentina pericervical) (36).

Zehnder, en un estudio realizado para evaluar la precisión del nuevo método para preparación de accesos y localización de conductos, vió que se consiguen cavidades más precisas ex vivo (45).

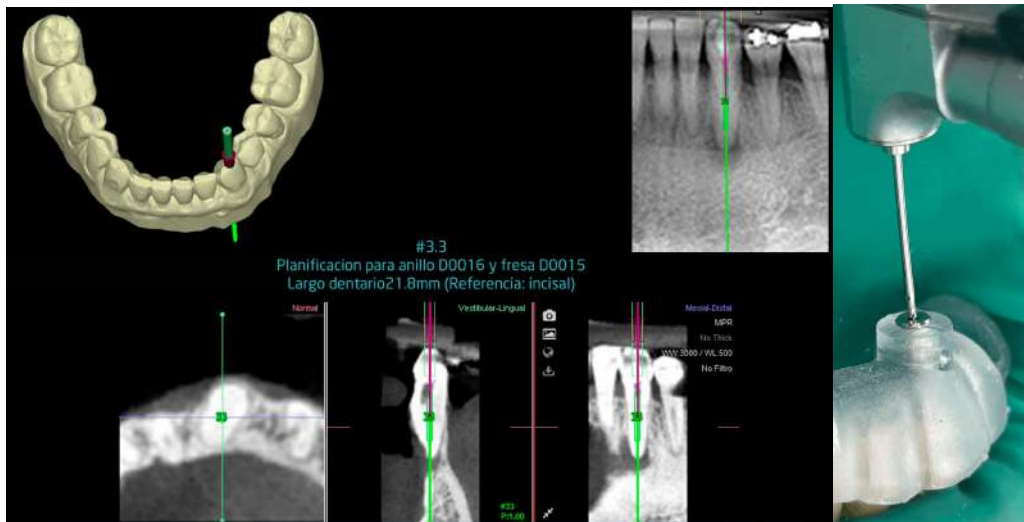


Figura 7. Muestra el uso de CBCT y escaneado para la planificación de endoguía de la pieza 33 con conducto mineralizado (archivo personal).

#### 4.4 Adquisición de datos

Esta fase es la más importante, ya que involucra el diagnóstico y la planificación de todo el proceso. Para llevarla a cabo es necesario combinar las imágenes radiográficas obtenidas de una CBCT y las intraorales a partir de un escaneado.

##### 4.4.1 Tomografía de haz cónico

La tomografía médica fue desarrollada en 1967 por Godfrey Hounsfield. CBCT es un método relativamente nuevo (a partir de 1996 en Europa y 2001 en Estados Unidos) para visualizar dientes en relación con los tejidos esqueléticos circundantes y crear imágenes tridimensionales del área examinada (5,49).

Además evita distorsión, ruidos y ocultamiento de estructuras causados por superposición de imágenes (50).

La dosis de radiación equivale a una ortopantomografía y puede bajar con FOV (fields of view) reducidos, menos proyecciones (180 grados) y mayor tamaño de vóxel (unidad volumétrica de la imagen tomográfica), aunque Matta y col. reportado por Bohner (51) mostraron que un voxel de 0,2 mm aumenta la precisión con respecto a 0,3 y 0,4 mm. Cuando se expone a un paciente a radiación ionizante debe primar el principio ALARA (As Low as Reasonably Achievable). Debe ser justificada su aplicación, si mejora el manejo del caso resolver (ESE CBCT position statement 2014) (52). La gran limitación de la CBCT es

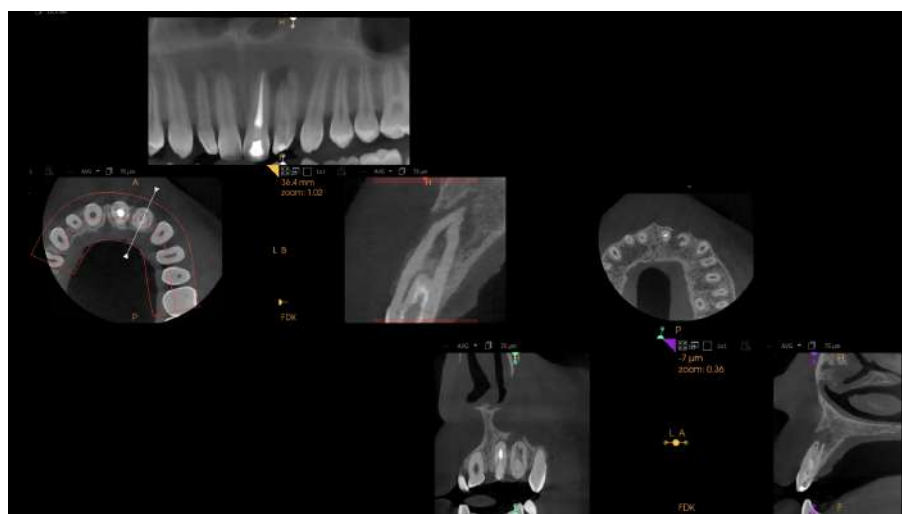
la presencia de estructuras radiodensas como metales o materiales de obturación, que dificultan la visualización (50).

En endodoncia, puede ofrecer mediciones precisas de la región de interés y generar imágenes con una adecuada resolución espacial. En un estudio clínico Patel y col (2012) encontraron que la prevalencia de lesiones periapicales en raíces con enfermedad primaria detectada con RX periapical y CBCT fue 20 y 48 % respectivamente (49).

La periodontitis apical es diagnosticada por métodos convencionales cuando el estadio en su evolución es avanzado (40% de desmineralización). Si las lesiones son pequeñas una CBCT da un mejor resultado, representando el verdadero estado de los tejidos periradiculares (50).

Aporta información relevante sobre la morfología dentaria y las estructuras anatómicas vecinas, la relación de la lesión periradicular con la raíz, el espesor de las corticales y del hueso esponjoso. En consecuencia es fundamental en la planificación quirúrgica (recomendado en 2007 Tsurumauchi y Honda) (50).

Por ejemplo, en la planificación microquirúrgica de la raíz palatina en molares maxilares, deben evaluarse determinados aspectos importantes: Distancia entre la cortical ósea y ápice palatino, presencia del seno maxilar entre la raíces, cambios en la membrana de Schneider relacionados a sinusitis. Un estudio revela que en un 70% de los casos, las imágenes de CBCT brindan información clínica relevante, perdida en radiografías periapicales (Low y col.) (53). Los defectos óseos medidos en periapicales fueron 10% menores que en las imágenes tomográficas (Christiansen y col.) (50).



*Figura 8. Muestra un ejemplo de imágenes obtenidas a partir de una CBCT (diferentes cortes), utilizadas para la planificación de una microcirugía apical (archivo personal).*

#### **4.4.2 CAD CAM (computer aided design- computer aided manufacturing)**

En 1973, Francois Duret comenzó un proyecto teórico, aplicado en pacientes desde 1984. La esencia del proceso fue tener un único dispositivo generador de una señal desde la cavidad oral hasta una computadora. Es así como surge el acrónimo CAD CAM (44).

Funciones principales:

- Digitalización 3D generando un conjunto de datos.
- Diseño de un conjunto de datos para la fabricación.
- Elaboración de la restauración dental por un sistema digitalmente controlado.

El primer punto involucra el escaneo de estructuras. Es directo cuando se realiza intraoral, e indirecto cuando es sobre modelo con un dispositivo de escritorio.

Los escáneres intraorales están basados en varios principios de captura de información, como tecnología láser confocal, microscopía confocal, triangulación, entre otros. Una fuente de luz es proyectada sobre la superficie a digitalizar. Las imágenes de los tejidos dentogingivales capturadas por los sensores son procesadas por el software generando una nube de puntos. Esos puntos son triangulados generando bordes (edges) de polígonos en 3 dimensiones. Sobre esa red (mesh) se forman las caras (faces) representando la superficie del objeto digitalizado. La variación de los polígonos determina la precisión del mesh y su densidad la resolución. El nivel de regularidad de los triángulos y su topografía determinan cuán bien se aproxima la superficie actual al objeto (44).

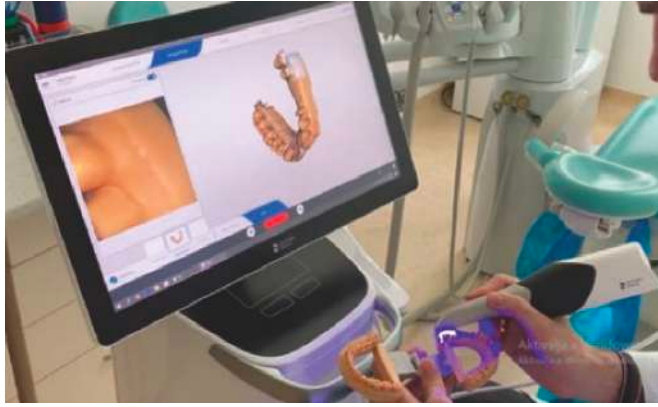


Figura 9. Muestra el escaneado a indirecto a partir de un modelo de yeso (44).

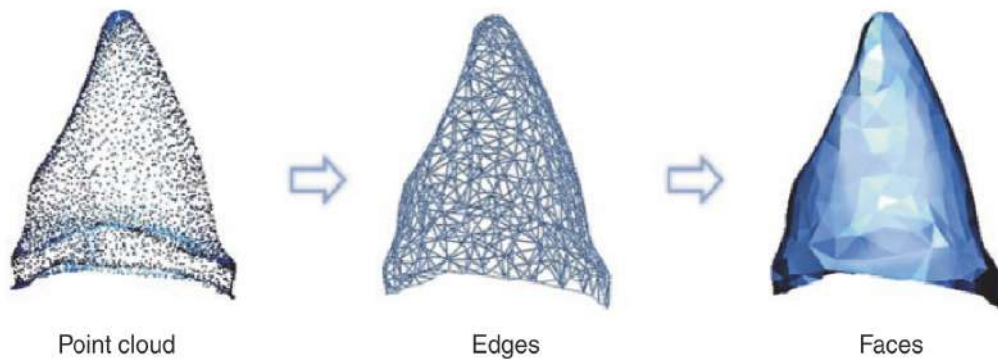


Figura 10. Esquematiza el proceso de adquisición en el escaneado. Desde la generación de una nube de puntos y la formación de múltiples triángulos se reproduce la superficie del objeto (44).

De esta manera, se genera un formato de archivo para computadora (STL, standard triangle language, entre otros significados) que contiene información sobre la geometría de un objeto descrito con triángulos conectados (figura 11). La densidad de triángulos depende de la resolución inicial y de algoritmos matemáticos.

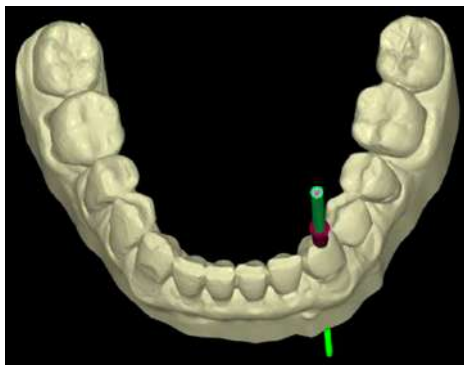


Figura 11. (archivo personal).

Al mismo tiempo, los archivos DICOM (provenientes de una CBCT) pueden también generar datos STL. Si estos archivos de un mismo caso provienen de fuentes diferentes, son alineados por superposición, y usados para modelar numerosos diseños de herramientas para tratamientos más precisos y menos invasivos. Estos beneficios son usados, inicialmente en implantología y posteriormente en endodoncia (44).

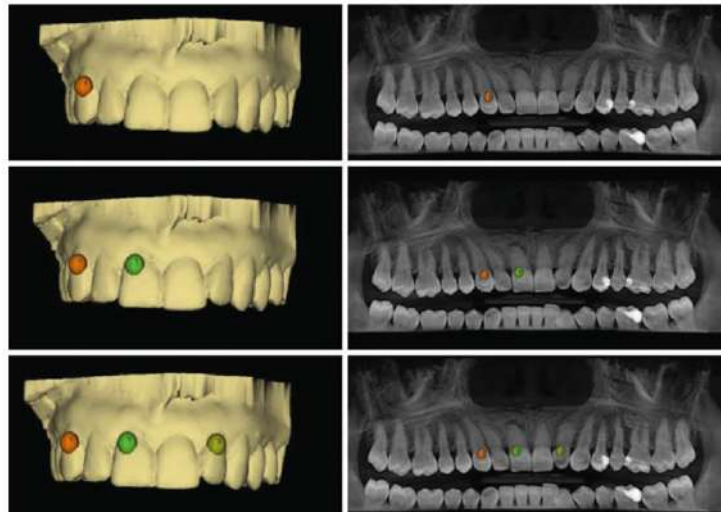


Figura 12. Muestra como mediante la superposición de puntos coincidentes en archivos STL y DICOM se puede llevar a cabo un flujo de trabajo digital (44).

#### 4.5 Guías estáticas

La guía endodóntica 3D o endoguía es una plantilla fabricada para utilizar fresas dentro de posiciones planificadas previamente, permitiendo localización de conductos o abordajes en microcirugía endodóntica.

A continuación, la figura esquematiza el proceso de fabricación de una guía.



Figura 13. Modificado de (44).

En una revisión sistemática Tahmaseb y col. concluyeron que la fiabilidad de las guías estáticas en implantología tiene un rango aceptable en la mayoría de las

situaciones clínicas. Sin embargo, un margen de seguridad de al menos 2 mm debe ser respetado. La mayor precisión fue encontrada en casos de edentación parcial, disminuyendo significativamente cuando la pérdida dentaria era total (51,54).

Es así, que con el antecedente de la implantología, se introduce el uso de guías estáticas en endodoncia. Primariamente aplicadas para localizar conductos mineralizados (55), o para resolución de accidentes operatorios, que dificultan el abordaje al sistema de conductos (55,56). Posteriormente, a partir de los trabajos de Pinsky y col. se introduce el flujo digital en la microcirugía endodóntica (57). En técnicas no guiadas, para la localización del ápice ocurre un error mayor a 3 mm en el 22% de los casos. Sumado a esto, tenemos la proximidad a estructuras nobles como el nervio alveolar inferior, el agujero mentoniano, seno maxilar y ápices adyacentes. Si un acceso pequeño, además es favorable para el postoperatorio, la precisión en el abordaje se vuelve indispensable. Wong y col. mostraron que la tasa de cicatrización es mejor en lesiones menores a 5 mm, por lo tanto el nuevo método mejoraría la situación (57).

Pinsky y col. colocaron dientes en una mandíbula seca y realizaron osteotomías guiadas en un lado, manteniendo el opuesto como control a mano alzada. El presente estudio sugiere que la cirugía guiada puede alcanzar de forma más consistente, precisa y confiable el acceso a los ápices, sin riesgo de daño a las estructuras vitales. Para todos los examinadores, la diferencia fue estadísticamente significativa en ambos grupos (57).

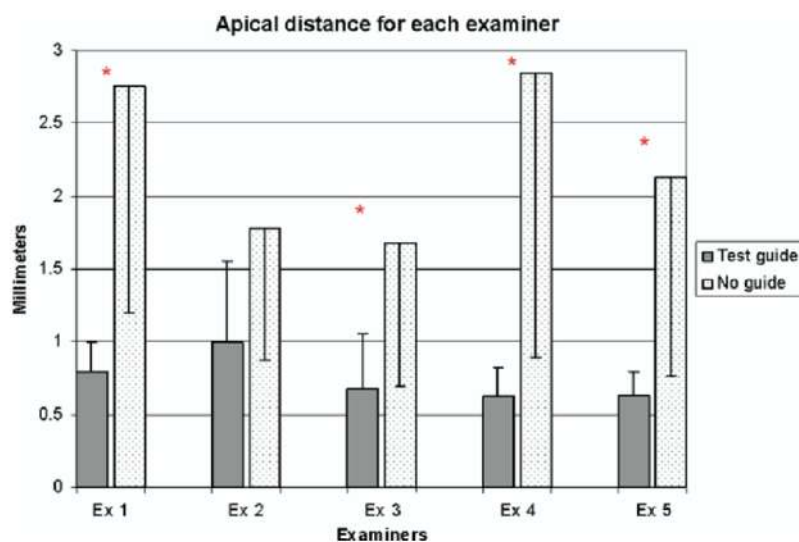


Figura 14. En la gráfica se muestran los resultados entre los grupos con una diferencia estadísticamente significativa (57).

#### **4.5.1 Clasificación**

##### 1) Según el tipo de tratamiento

a) No quirúrgicas. Son aquellas diseñadas para asistir determinadas etapas del tratamiento endodóntico ortógrado. Las piezas mineralizadas resultan un desafío importante a la hora de localizar y permeabilizar el sistema de conductos. Mediante estos dispositivos es posible un abordaje minimizando riesgos de accidentes intraoperatorios.

b) Quirúrgicas. Empleadas en diferentes estadios del procedimiento, con el objetivo de facilitar la localización del tercio apical de la raíz, preservando el tejido óseo y las estructuras anatómicas circundantes. La situación clínica específica marcará las necesidades de su diseño.

##### 2) Según su soporte

a) Dentosoportadas. Son aquellas que se adaptan y estabilizan sobre las piezas dentales.

b) Mucosoportadas. Para su estabilización y fijación usan pins insertados en la mucosa como complemento, cuando hay ausencia de piezas dentarias.

c) Soportadas en tejido óseo. Usadas posteriormente al levantamiento del colgajo. Los pins de fijación se insertan en el hueso.

3) En definitiva existen 4 tipos de guías quirúrgicas en endodoncia, siendo clasificadas por su función:

- a) Retracción de tejidos.
- b) Preparación cortical.
- c) Para fresas piloto.
- d) Para trefinación de hueso y resección radicular.

#### **4.5.2 Etapas de planificación y diseño.**

a) Inicialmente es indispensable la indicación de una CBCT. Este paso es parte fundamental del protocolo, aunque no se indique un procedimiento guiado. Resulta

una herramienta digital de diagnóstico, su FOV debe ser limitado y con alta resolución.

b) El escaneado de la superficie, puede realizarse de forma indirecta mediante la confección de un modelo de yeso, o directamente en cavidad bucal. Debe cubrir al menos un cuadrante del arco dentario para asegurar un soporte estable a la guía.

c) Los archivos adquiridos en los pasos anteriores son fusionados a partir de 3 a 6 puntos marcados en cada uno. El software automáticamente procesa la información para poder realizar la planificación. Posteriormente debe establecerse el punto objetivo, así como el ángulo, la orientación y el diámetro de la fresa.

d) Impresión del dispositivo.

#### **4.5.3 Factores a considerar en la confección.**

- El Offset (separación entre guía y superficie dentaria) ideal es de 0,15 mm para permitir su asentamiento sin comprometer la estabilidad.
- El espesor recomendado es 3,5 mm, aumentando en la cercanía de los aros, para proporcionar mayor resistencia a la estructura.
- La extensión debe incluir dientes adyacentes en el diseño, proporcionando estabilidad y facilitando un fresado preciso.
- La ventana de inspección permite corroborar el ajuste y generar un espacio para la refrigeración de los insertos utilizados.
- La etiqueta de identificación incluye datos del paciente o aporta información específica a tener presente en el momento de su utilización.

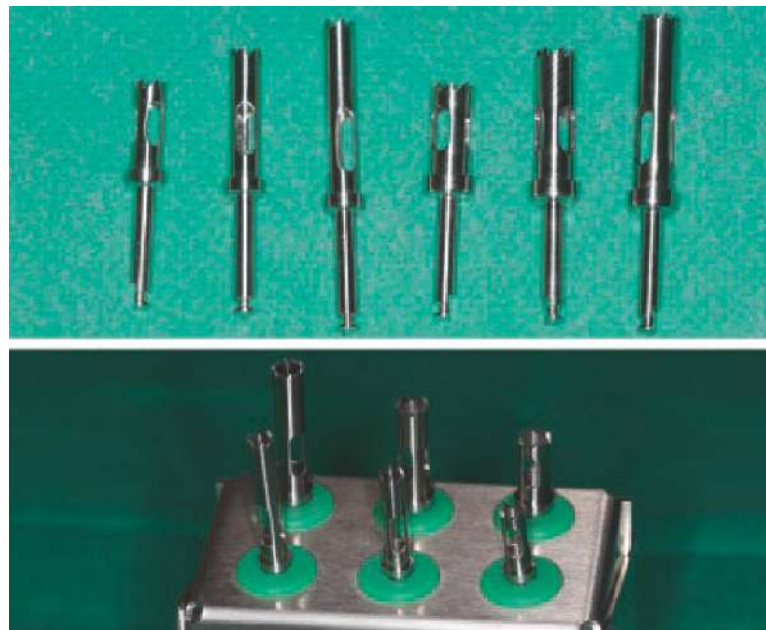
#### **4.5.4 Situaciones clínicas de aplicación**

El avance de la microcirugía endodóntica ha generado una ampliación de sus indicaciones. Situaciones que antiguamente no podían resolverse, hoy se manejan de una forma conservadora y con un pronóstico favorable. Por ese motivo puede

dividirse a las guías, según el objetivo planteado en la planificación del caso a considerar.

#### 4.5.4.1 Guías para corte apical

Se basa en el uso de una trefina a través de una guía impresa, que realizará simultáneamente la osteotomía, la resección radicular y la toma de tejido patológico para una biopsia (58,59). Son sierras cilíndricas usadas en implantología para la toma de injertos autólogos o remoción de implantes (60,61). Posteriormente al levantamiento del colgajo y la prueba del ajuste de la guía en el terreno quirúrgico, los separadores liberan la zona de trabajo de la trefina. Esta debe usarse en un motor eléctrico a 1200 rpm y máximo torque. Con irrigación constante se realiza el corte incremental de hueso, ápice y tejido patológico con un suave movimiento de picoteo por 1 o 2 minutos, dependiendo de la velocidad de inserción. Las trefinas deben estar dotadas de un tope que controle el grado de profundidad alcanzado.



*Figura 15. Muestra diferentes tipos de trefinas con tope de diferentes diámetros (44).*

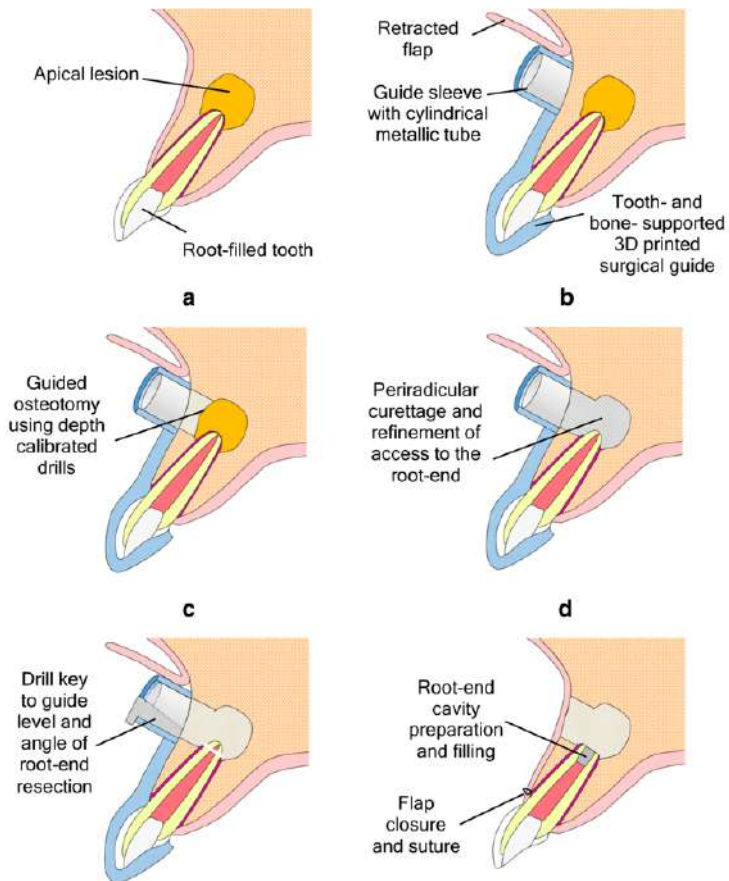


Figura 16 (54).

- a) Lesión apical en relación a diente endodóticamente tratado.
- b) Retracción del colgajo y colocación de guía con tubo cilíndrico metálico, soportada en tejido óseo y dentario.
- c) Osteotomía guiada usando instrumental rotatorio calibrado en profundidad.
- d) Curetaje apical y acceso al tercio apical.
- e) Resección apical con guía de ángulo para el corte.
- f) Retropreparación, retrobturación y reposicionamiento del colgajo.

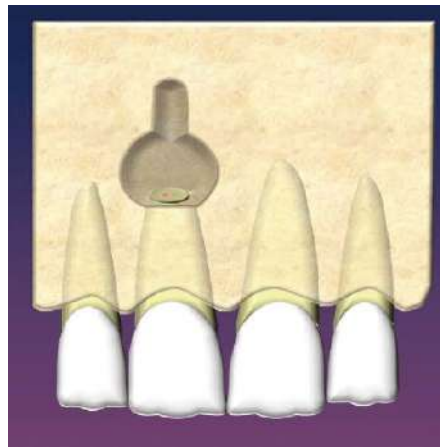
Gambarini en 2018 plantea la aplicación de esta técnica en 3 casos particulares, cuyo denominador común es el desafío anatómico de los sitios quirúrgicos.

- 1) Ápice de raíz palatina en un segundo molar superior, con acceso palatino (62).
- 2) Raíces palatina y distovestibular fusionadas de un primer molar superior.
- 3) Segundo premolar inferior cercano al nervio mentoniano.

Es evidente que la conservación ósea para acceder al sitio, es una de las principales ventajas, sobre todo en situaciones donde la cortical involucrada permanece intacta. El tiempo quirúrgico y el ángulo del bisel se suman a los parámetros evaluados por

Hawkins y col. cuando establecen las ventajas de la microcirugía guiada con trefina (61).

A continuación, se realizan los pasos correspondientes a una microcirugía con el uso de magnificación, ultrasonido y biomateriales. El tamaño de la osteotomía dependerá de la trefina utilizada, entre 4 o 5 mm (63). Esto sería suficiente para que los insertos ultrasónicos trabajen libremente en la retropreparación. Si hubiera alguna limitación, puede aplicarse la osteotomía modificada en cerradura preconizada por Kim, donde se talla una ranura en el hueso para permitir el pasaje de los instrumentos (23).



*Figura 17. Esquematiza la osteotomía en cerradura, donde el tallado de una ranura vertical permite la conformación del ápice sin pérdida excesiva de tejido óseo sano (23).*

#### **4.5.4.2 Guías para osteotomía**

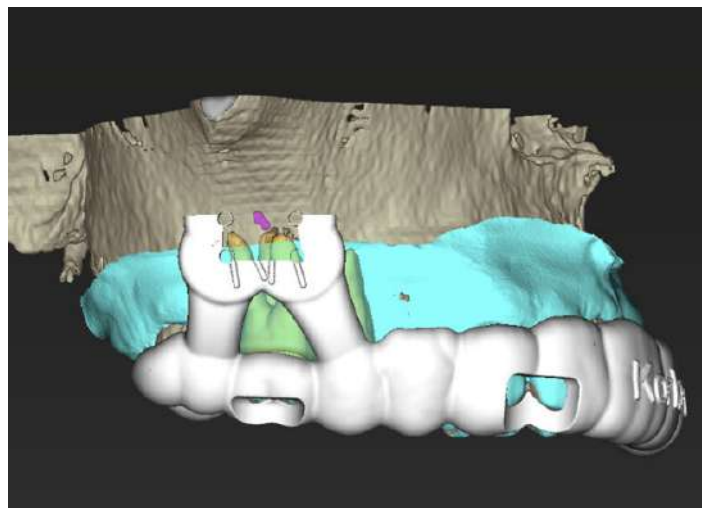
Como fue tratado en la sección correspondiente, el manejo del tejido óseo es de vital importancia en la técnica y condiciona su pronóstico. Es así que el uso de guías permite ejecutar un procedimiento conservador desde su planificación (27,47). Además, al retirar íntegramente la cortical vestibular, permite usarla para cubrir el sitio como un injerto autólogo antes de reposicionar el colgajo. Strbac en 2017, reportó un caso donde la confección de una guía para el uso de insertos piezoquirúrgicos permitió el objetivo planteado (64).

En cirugías de molares mandibulares, suele ser un desafío el espesor del hueso cortical vestibular para la localización de los ápices. Ahn en 2018 describe un caso en el que la guía cumplió la función de dirigir una fresa de 1,5mm de diámetro para acceder al sitio quirúrgico (27).

La introducción de la técnica Bone window en microcirugía endodóntica, permite manejar extensas lesiones que no involucran la cortical vestibular. Además genera beneficios al tratar varios ápices vecinos de forma simultánea, donde mejora el acceso y la visibilidad (30).

El objetivo primario de realizar esta técnica es preservar más estructura ósea, para mantener la integridad y salud de la cortical. Se accede fácilmente a las raíces sin la necesidad de osteotomías separadas. La ventana de hueso sirve como material de injerto autólogo, considerado gold standard en regeneración, sin la necesidad de materiales adicionales, excepto una membrana de colágeno que facilite su asentamiento en el lugar.

En la CBCT se analizan las 3 dimensiones para localizar estructuras anatómicas, dando medidas exactas en cuanto a longitud y profundidad. En el corte axial, el espesor de la cortical debe ser medido en el margen apical de la lesión periradicular, a nivel de los ápices y en los últimos 3 mm de raíz. Además es importante la relación con los elementos nerviosos. Al ser planificado el corte óseo mediante la tomografía, es posible transferir la información al intraoperatorio, con la confección de una guía que establezca el perímetro de la osteotomía.



*Figura 18. Muestra un ejemplo de planificación, donde se marca el perímetro de la osteotomía (47).*

La ventana de hueso es removida usando insertos especiales. Se modela con delgados instrumentos que cortan el hueso meticulosamente. La cirugía piezoeléctrica ofrece múltiples beneficios en microcirugía endodóntica, destacando los siguientes: Precisión, corte selectivo de tejido mineralizado, control de sangrado, mejor acceso visual, entre otros (29,38,65).

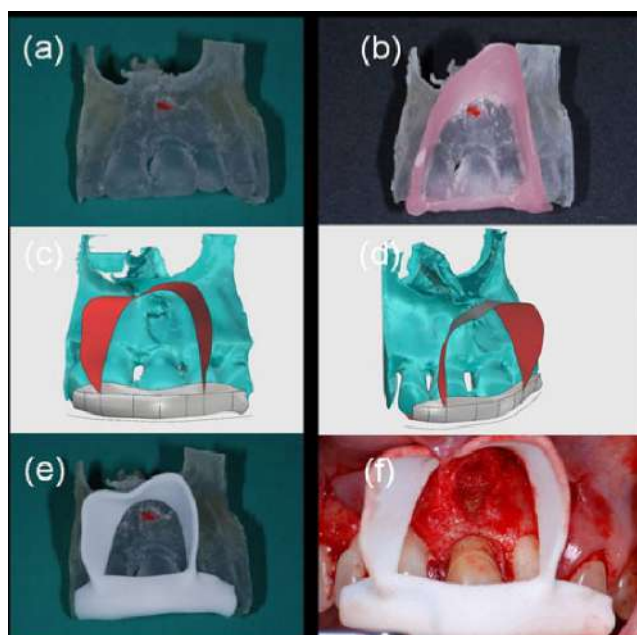
El hueso es seccionado generando un bisel interno, facilitando su reposición estable. Posteriormente es colocado en solución de Hanks hasta el fin del procedimiento. Así se mantiene la viabilidad de las células óseas y se reduce la probabilidad de necrosis. Al finalizar, la ventana es reposicionada y estabilizada con material a base de colágeno haciendo cuña en los márgenes (38).

La clásica evaluación de cicatrización está basada en el criterio de Rud y Molven. Curación completa, incompleta, incierta, o insatisfactoria (41). Este criterio basado en 2 dimensiones, no es aplicable a la ventana ósea, ya que la colocación del hueso en su lugar aparece como una radiopacidad en el postoperatorio inmediato. Por lo tanto imágenes de CBCT han sido elegidas para evaluar. Recientemente el nuevo criterio Penn fue presentado para evaluar en 3 dimensiones los resultados quirúrgicos (66).

#### **4.5.4.3 Guías para la retracción del colgajo**

Como fue tratado en la sección correspondiente, dentro de los procedimientos microquirúrgicos resulta fundamental el manejo de los tejidos blandos. De esta forma se procura una correcta recuperación del sitio quirúrgico. La adaptación del tejido a los bordes de la herida puede crear menores distancias para la migración epitelial durante el proceso de cicatrización (24,25,37,67). Además la curación mejora si el trauma durante la separación de los tejidos disminuye. El deslizamiento del separador es el principal causante de inflamación y puede desencadenar parestesias transitorias en la zona de premolares inferiores (67).

Diseñar un dispositivo para la retracción, resulta importante para el cuidado de los tejidos blandos, mejorando su recuperación. Además mejora la visualización y el acceso al campo quirúrgico durante el procedimiento. Patel y col. en 2017 describieron un caso en el que se diseñó una guía con tal propósito, donde las ventajas enumeradas anteriormente fueron comprobadas (25).



*Figura 19. Muestra la planificación, confección y uso de una guía para retracción de tejidos blandos (26).*

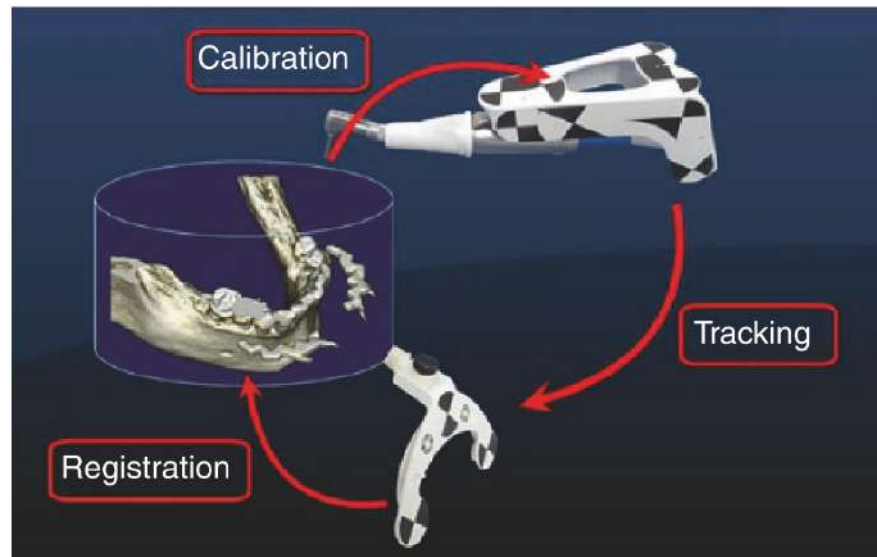
#### **4.5.4.4 Situaciones combinadas**

Independientemente de la clasificación según su objetivo, es importante aclarar que una misma guía puede estar diseñada para múltiples funciones. Por ejemplo, un dispositivo puede ser usado para diseñar la ventana ósea en un molar, y simultáneamente localizar un ápice dirigiendo una fresa hacia un diente vecino. Otra situación, está dada cuando se planifica una resección con trefina y la propia terminación de la guía oficia como retractor del colgajo. Por lo tanto, su uso resulta sumamente flexible y adaptable a cada caso a planificar.

#### **4.6 Guías dinámicas**

Integra la instrumentación quirúrgica y las imágenes radiológicas, usando un dispositivo de posicionamiento óptico, controlado por una computadora. Basada en cámaras aéreas estereoscópicas de seguimiento, relaciona la posición de la mandíbula del paciente y el instrumento clínico (mediante marcadores esféricos que permiten la exacta ubicación en el espacio). No existen fresas o aditamentos específicos para la navegación dinámica, además los sucesivos pasos de la cirugía demandan diferentes posiciones de trabajo para el instrumental. Esto permite al operador dirigir precisamente la fresa en las tres direcciones, fácilmente chequeable

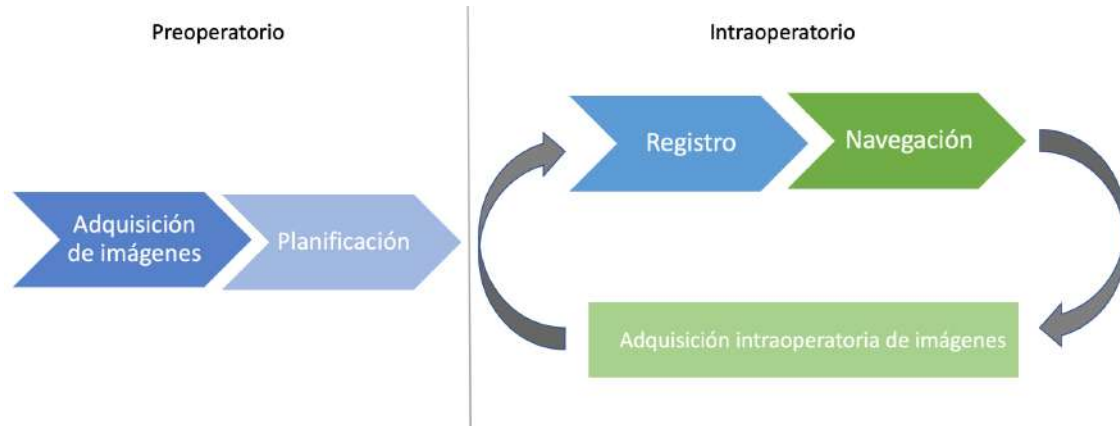
en los planes de la CBCT, reduciendo los riesgos de errores iatrogénicos (28,44). Se puede controlar en tiempo real todos los pasos del procedimiento quirúrgico y corregir eventuales errores. Es totalmente modificable en cualquier momento el procedimiento clínico.



*Figura 20. El esquema muestra los 3 componentes de la navegación dinámica y su interrelación en el proceso (44).*

Dianat y col. estudiaron la precisión de la navegación dinámica para la osteotomía y resección radicular sobre cadáveres. Compararon esta técnica con la de mano alzada, y concluyeron que la primera tiene el potencial de ser segura y confiable cuando es aplicada en microcirugía endodóntica. La distancia entre la cortical vestibular y los ápices resultó ser el punto débil en la técnica donde no se usó la tecnología descrita (68).

Como en cualquier procedimiento de odontología digital, hay un flujo de trabajo que ordena una secuencia de etapas para llegar al objetivo planteado. En el siguiente esquema se ilustran las etapas fundamentales de la navegación, que a diferencia de otras técnicas digitales, prescinde de modelos y guías impresas.



*Figura 21. Muestra los pasos seguidos en el preoperatorio y como la navegación guiada permite cambios dentro del procedimiento ejecutado (44).*

## 5 DISCUSIÓN

La evolución tecnológica ha cambiado la forma de ejecución de muchos procedimientos endodónticos, y frente a esta situación se impone un análisis crítico, donde la microcirugía endodóntica guiada sea una herramienta y no el objetivo en sí mismo. Para esto, cada situación clínica debe ser diagnosticada, planificada y ejecutada en el marco de un protocolo fundamentado en bases biológicas.

El flujo digital colabora con los objetivos planteados, pero es importante analizar el alcance del mismo en la microcirugía endodóntica, y su integración teniendo presente la curva de aprendizaje (46).

Si se analiza toda la literatura al respecto de las herramientas digitales aplicadas a microcirugía endodóntica, el punto de partida es unánime. El uso de CBCT como recurso inicial para diagnóstico y planificación resulta insustituible, fundamentalmente en una filosofía de procedimientos mínimamente invasivos (36,49,50,52,53,69,70). Pero es importante tener presente que la mayoría de las piezas tiene coronas que pueden interferir en la toma de imágenes de CBCT, y comprometer una correcta superposición de estructuras, resultando difícil con el uso de FOV reducidos (71). Debe enfatizarse que desde la inclusión de la CBCT, la microcirugía utiliza recursos digitales en su protocolo

Las guías estáticas y dinámicas surgen para facilitar la cirugía de implantes. Su traslado a diferentes tratamientos endodónticos es un hecho que genera múltiples beneficios reportados en la literatura. Las primeras requieren de una planificación previa que no admite modificaciones. Para las segundas es necesario marcar un recorrido, y tienen la gran ventaja de presentar flexibilidad en su aplicación, que al manejarse en tiempo real es posible. Lo que resulta indiscutible es que ninguna de las dos alternativas sustituye la experiencia o pericia del operador, y debe destacarse que el conocimiento profundo de la técnica es lo que condiciona el resultado. La planificación es la etapa fundamental del proceso y sobre su base transcurren el resto de las etapas.

En una revisión de la literatura Unsal y col. (2020) analizaron la precisión de las guías en cirugía de implantes, indicando una desviación angular y lineal de hasta 5 grados y 2,3 mm. Por lo tanto es vital que los operadores sin experiencia tengan entrenamiento y supervisión previa. Además resulta importante establecer un margen de seguridad de al menos 2 mm (72). Sin embargo Zehnder y col. (2016) cuando plantean el uso de guías en el acceso endodóntico (teniendo como antecedentes las de implantes) encuentran desviaciones más

bajas que van entre 0,16 a 0,21 mm y 1,81 grados. Este análisis resulta importante, porque la precisión de estos dispositivos puede variar por muchos factores. Por lo tanto su uso estará condicionado al objetivo planteado y al margen de error tolerable.

Cuando se habla de guías específicas para microcirugía, el margen de seguridad será más o menos crítico dependiendo del uso. Situaciones clínicas de abordaje evitando un elemento noble o localizando un ápice (57,62) difieren en gran medida de aquellas cuyo objetivo se reduce a retracción de tejidos blandos (26,71). Una situación intermedia, sería la de aquellos casos donde se persigue una osteotomía conservadora (30,37). Frente a cada caso es importante identificar cual de las herramientas digitales puede ayudar a cumplir el objetivo, y en base a este cuestionamiento establecer un plan racional. En el presente trabajo se plantea que el uso de estas técnicas permite ampliar los casos a resolver y por lo tanto aumentar el grado de complejidad. Para esto es imprescindible contar con un grado de precisión que permita seguridad en el procedimiento. Si este requisito no se cumple la técnica debería ser contraindicada.

La planificación de guías quirúrgicas requiere un conocimiento profundo de la situación a resolver. Además estos dispositivos pueden ser usados hasta la resección apical, quedando las etapas de retropreparación y retroobtención dentro del protocolo habitual de microcirugía endodóntica (37). Por lo tanto, el operador debe dominar el proceso completo y no considerar el uso de guías como el único factor que conduzca a un procedimiento exitoso.

Von Arx, Marwik y Bornstein, citados por Ng y col. manejan el conocimiento técnico y las habilidades del operador, como factores que condicionan el resultado. El manejo del tercio apical con entendimiento de las bases biológicas, la visualización 3D y el correcto uso de puntas para ultrasonido tienen un profundo efecto en la curación periradicular (Azim y col. 2021). Sumado a eso, dichas habilidades dotarían al operador de resolver situaciones imprevistas derivadas de errores en la planificación.

Los dispositivos guía tienen tubos que ocupan lugar, limitando el trabajo al espacio disponible dentro de la cavidad bucal, además pueden sumarse posibles fallas en su confección o adaptación. Las guías tienen un espesor propio y proporcionan únicamente una trayectoria recta hacia el objetivo, dificultando el posicionamiento de la pieza de mano (71), estas características contraindican su uso en determinados casos por limitaciones en el acceso al sitio quirúrgico. En contraste, el uso de navegación dinámica, al prescindir de guías, permite la corrección intraoperatoria de errores derivados de la planificación y es

adaptable a cualquier tipo de instrumental. Según Neelakatan y col. (2022) reduciría la influencia de la capacidad del operador, minimizando el riesgo de errores evitables durante el procedimiento. El costo de esta tecnología, sigue siendo en la actualidad, la principal limitación (44), aunque sería único al adquirir el dispositivo. En el caso de la navegación estática, estaría presente al imprimir guías para cada caso a resolver (28).

La reducción del tiempo quirúrgico y osteotomías conservadoras, son ventajas en las que coinciden todos los autores para las técnicas guiadas. Ambos factores generan mejores resultados de reparación (73). Resulta importante analizar las dimensiones de la lesión ósea, pero fundamentalmente el grado de afección de una o ambas corticales, priorizando un manejo conservador del tejido (72). El uso de guías favorece la cicatrización ósea cuando las corticales están intactas, o cuando la vestibular se encuentra íntegra y su manejo conservador disminuye las probabilidades de transformarla en comunicante (por ejemplo en la técnica bone window). En caso de grandes reabsorciones vestibulares, ni la osteotomía, ni la localización de los ápices justificaría su uso.

La eficacia de estas técnicas viene siendo investigada con resultados prometedores, pero se encuentra en una etapa temprana de su desarrollo para una evaluación definitiva (Setzer y Kratchman 2022). La falta de información científica impediría su recomendación de forma rutinaria. Los artículos analizados en el presente trabajo describen investigaciones in vitro o ex vivo, pero no así las correspondientes clínicas (74). Solamente se cuenta con reportes de casos. Es así que Buniag y col. (2021) presentan un estudio analizando el resultado de 24 casos de corte apical con trefina, y concluyen que es una evaluación retrospectiva limitada. Es una indicación temprana de la microcirugía endodóntica guiada que conduce a resultados exitosos en tasas comparables con técnicas a mano alzada (73). Independientemente de esta situación su frecuente empleo bajo los parámetros analizados, permite resolver casos que antes resultaban contraindicados por la dificultad de acceso o la cercanía a determinadas estructuras anatómicas.

## 6 CONCLUSIONES

La microcirugía endodóntica ha demostrado gran eficacia y una alta tasa de éxito desde su aplicación. El cambio de paradigma en estas técnicas ha sido fundamental en la evolución de otra herramienta para el tratamiento de la periodontitis apical. No solamente forma parte integral del protocolo de revisión endodóntica, sino que aporta opciones alternativas cuando la endodoncia ortógrada se encuentra limitada. La incorporación del flujo de trabajo digital promueve y facilita procedimientos mínimamente invasivos, haciendo que estas técnicas sean altamente predecibles.

Algunos recursos como la CBCT, resultan insustituibles. Otros son usados de forma accesoria y guían algunas etapas del tratamiento (navegación estática) y por último la navegación dinámica facilita el procedimiento en tiempo real. Ninguno de ellos sustituye el conocimiento del operador, quien a su vez deberá estar capacitado para su manejo.

Al ser técnicas de reciente surgimiento, no existe suficiente evidencia que las respalde. A pesar de esto, los diferentes trabajos demuestran eficacia con un futuro prometedor en su aplicación.

Los avances tecnológicos resultan de suma importancia en la evolución de cualquier disciplina científica, pero es fundamental su desarrollo sobre las bases biológicas que justifiquen su aplicación clínica.

En definitiva, la odontología digital hace que las técnicas endodónticas resulten más precisas, permitiendo resolver situaciones clínicas de alta complejidad. Dificultad de acceso, cuidado de estructuras anatómicas circundantes y preservación de tejidos serían las indicaciones más importantes para su aplicación.

## 7 REFERENCIAS

1. Nair PN. On the Causes of Persistent Apical Periodontitis-a Review. *Int Endod J*. 2006;39(4):249–81.
2. Siqueira JF, Antunes HS, Pérez AR, Alves FRF, Mdala I, Silva EJNL, et al. The Apical Root Canal System of Teeth with Posttreatment Apical Periodontitis: Correlating Microbiologic, Tomographic, and Histopathologic Findings. *J Endod*. 2020;46(9):1195–203.
3. Gutmann JL. Surgical endodontics: past, present, and future. *Endod Topics*. 2014;30(1):29–43.
4. Kim S, Kratchman SI. *Microsurgery in Endodontics*. Primera ed. Karabucak B, Kohli MR, Setzer FC, editors. Hoboken: Wiley Blackwell; 2018. 234 p.
5. Khayat B, Jouanny G. *Microsurgical endodontics*. Primera ed. Paris: Quintessence Publishing; 2019. 248 p.
6. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *J Endod*. 2006;32(5):412–6.
7. Castellucci A. *Microsurgical Endodontics*. Primera ed. Milano: Edra S.p.A.; 2019. 589 p.
8. Kratchman SI. Endodontic microsurgery. *Compend Contin Educ Dent*. 2007;28(6):324–31.
9. Tsesis I, Faivishevsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of Surgical Endodontic Treatment Performed by a Modern Technique: A Meta-analysis of Literature. *J Endod [Internet]*. 2009;35(11):1505–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.07.025>
10. Introduzione I. *Endodonzia chirurgica II microscopio operatorio*. Chirurgia (Bucur).
11. GUTMANN JL. Surgical endodontics: quo vadis? *Endod Topics*. 2005;11(1):1–3.
12. Pecora G, Andreana S. Use of dental operating microscope in endodontic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1993;75(6):751–8.
13. Cohen S. *Cohen's Pathways of the pulp*. treceava e. St. Louis: Elsevier; 2021. 3488 p.
14. Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim HC, Kim E. Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2015;19(3):569–82.
15. Song M, Kim SG, Lee SJ, Kim B, Kim E. Prognostic factors of clinical outcomes in endodontic microsurgery: A prospective study. *J Endod [Internet]*. 2013;39(12):1491–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.08.026>
16. Huang S, Chen NN, Yu VSH, Lim HA, Lui JN. Long-term Success and Survival of Endodontic Microsurgery. *J Endod [Internet]*. 2020;46(2):149-157.e4. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.10.022>
17. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod [Internet]*. 2011;37(11):1516–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.06.032>

18. Rubinstein RA, Kim S. Seguimiento a largo plazo de casos considerados curados un año después de la microcirugía apical \*. 2002;54.
19. Ricucci D, Siqueira JF. Biofilms and apical periodontitis: Study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod.* 2010;36(8):1277–88.
20. Ricucci D, Rôças IN, Hernández S, Siqueira JF. “True” Versus “Bay” Apical Cysts: Clinical, Radiographic, Histopathologic, and Histobacteriologic Features. *J Endod* [Internet]. 2020;46(9):1217–27. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.025>
21. Siqueira JF, Rôças IN, Hernández SR, Brisson-Suárez K, Baasch AC, Pérez AR, et al. Dens Invaginatus: Clinical Implications and Antimicrobial Endodontic Treatment Considerations. *J Endod.* 2022;48(2):161–70.
22. Lee AHC, Neelakantan P, Dummer PMH, Zhang C. Cemental tear: Literature review, proposed classification and recommendations for treatment. *Int Endod J.* 2021;54(11):2044–73.
23. Kim S, Kratchman SI. Microcirugía en Endodoncia. Primera ed. Medellín: Amolca; 2022. 230 p.
24. Peters LB, Wesselink PR. Soft tissue management in endodontic surgery. *Dent Clin North Am.* 1997;41(3):513–28.
25. Velvart. P. Papilla base incision: a new approach to recession-free healing of the interdental papilla after endodontic surgery. *Int Endod J* [Internet]. 2002;35(5):453–60. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L35603002>
26. Patel S, Aldowaisan A, Dawood A. A novel method for soft tissue retraction during periapical surgery using 3D technology: a case report. *Int Endod J.* 2017;50(8):813–22.
27. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing–guided Endodontic Surgery: Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone Plate. *J Endod* [Internet]. 2018;44(4):665–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.009>
28. Gambarini G, Galli M, Stefanelli L V., Di Nardo D, Morese A, Seracchiani M, et al. Endodontic Microsurgery Using Dynamic Navigation System: A Case Report. *J Endod* [Internet]. 2019;45(11):1397-1402.e6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.010>
29. Abella F, De Ribot J, Doria G, Duran-Sindreu F, Roig M. Applications of piezoelectric surgery in endodontic surgery: A literature review. *J Endod* [Internet]. 2014;40(3):325–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.11.014>
30. Lee SM, Yu YH, Wang Y, Kim E, Kim S. The Application of “Bone Window” Technique in Endodontic Microsurgery. *J Endod* [Internet]. 2020;46(6):872–80. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.02.009>
31. von Arx T, Hänni S, Jensen SS. Correlation of Bone Defect Dimensions with Healing Outcome One Year after Apical Surgery. *J Endod.* 2007;33(9):1044–8.
32. Song M, Kim SG, Shin SJ, Kim HC, Kim E. The influence of bone tissue deficiency on the outcome of endodontic microsurgery: A prospective study.

- J Endod [Internet]. 2013;39(11):1341–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.036>
33. Tsesis I, Rosen E, Tamse A, Taschieri S, Del Fabbro M. Effect of guided tissue regeneration on the outcome of surgical endodontic treatment: A systematic review and meta-analysis. *J Endod [Internet]*. 2011;37(8):1039–45. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.05.016>
  34. Lin L, Chen MYH, Ricucci D, Rosenberg PA. Guided Tissue Regeneration in Periapical Surgery. *J Endod [Internet]*. 2010;36(4):618–25. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.012>
  35. Zubizarreta-Macho Á, Tosin R, Tosin F, Velasco Bohórquez P, San Hipólito Marín L, Montiel-Company JM, et al. Influence of Guided Tissue Regeneration Techniques on the Success Rate of Healing of Surgical Endodontic Treatment: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2022;11(4).
  36. Neelakantan P, Vishwanath V, Taschieri S, Corbella S. Present status and future directions: Minimally invasive root canal preparation and periradicular surgery. *Int Endod J*. 2022;55(S4):845–71.
  37. Ng YL, Gulabivala K. Factors that influence the outcomes of surgical endodontic treatment. *Int Endod J*. 2023;56(S2):116–39.
  38. Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J*. 2022;55(S4):1020–58.
  39. Gondim E, De Almeida Gomes BPF, Ferraz CCR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: Scanning electron microscopy analysis. *J Endod*. 2002;28(9):646–50.
  40. Von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: An ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod*. 2010;36(9):1563–8.
  41. Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1987;16(4):432–9.
  42. Christiansen R, Kirkevang LL, Hørsted-Bindslev P, Wenzel A. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling - 1-year follow-up. *Int Endod J*. 2009;42(2):105–14.
  43. Camilleri J. Classification of Hydraulic Cements Used in Dentistry. *Frontiers in Dental Medicine*. 2020;1(September):1–6.
  44. Niraj, Kinariwala; Lakshman S. Guided Endodontics. Vol. 65, *Der Freie Zahnarzt*. 2021. 76–80 p.
  45. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kühl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J*. 2016;49(10):966–72.
  46. Unsal GS, Turkyilmaz I, Lakhia S. Advantages and limitations of implant surgery with CAD/CAM surgical guides: A literature review. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(4):e409–17.
  47. Strbac G, Ulm C, Schnappauf A, Giannis K, Moritz A. Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. *J Endod*. 2017;43(3).

48. Ribeiro D, Reis E, Marques JA, Falacho RI, Palma PJ. Guided Endodontics: Static vs. Dynamic Computer-Aided Techniques—A Literature Review. *J Pers Med.* 2022;12(9).
49. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J.* 2015;48(1):3–15.
50. Venskutonis T, Plotino G, Juodzbaly G, Mickevičiene L. The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: A review of the literature. *J Endod.* 2014;40(12):1895–901.
51. Bohner L, Gamba DD, Hanisch M, Marcio BS, Tortamano Neto P, Laganá DC, et al. Accuracy of digital technologies for the scanning of facial, skeletal, and intraoral tissues: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry [Internet].* 2019;121(2):246–51. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.01.015>
52. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by: *Int Endod J.* 2019;52(12):1675–8.
53. Low KMT, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery. *J Endod.* 2008;34(5):557–62.
54. Shah P, Chong BS. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):641–54.
55. Lara-Mendes STO, Barbosa C de FM, Machado VC, Santa-Rosa CC. A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *J Endod.* 2018;44(10):1578–82.
56. Casadei B de A, Lara-Mendes ST de O, Barbosa C de FM, Araújo CV, de Freitas CA, Machado VC, et al. Access to original canal trajectory after deviation and perforation with guided endodontic assistance. *Australian Endodontic Journal.* 2020;46(1):101–6.
57. Pinsky HM, Champleboux G, Sarment DP. Periapical Surgery Using CAD/CAM Guidance: Preclinical Results. *J Endod.* 2007;33(2):148–51.
58. Antal M, Nagy E, Braunitzer G, Fráter M, Piffkó J. Accuracy and clinical safety of guided root end resection with a trephine: A case series. *Head Face Med.* 2019;15(1):1–8.
59. Liu Y, Liao W, Jin G, Yang Q, Peng W. Additive manufacturing and digital design assisted precise apicoectomy: A case study. *Rapid Prototyp J.* 2014;20(1):33–40.
60. Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA. Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional–printed Guides and Trephine Burs—A Report of 3 Cases. *J Endod [Internet].* 2018;44(4):671–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>
61. Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, Ray JJ. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *Int Endod J.* 2020;53(5):715–22.

62. Smith BG, Pratt AM, Anderson JA, Ray JJ. Targeted Endodontic Microsurgery: Implications of the Greater Palatine Artery. *J Endod* [Internet]. 2021;47(1):19–27. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.005>
63. Ye S, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: A case report. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):1–7.
64. Strbac GD, Schnappauf A, Giannis K, Moritz A, Ulm C. Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. *J Endod* [Internet]. 2017;43(3):496–501. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.001>
65. Pavlíková G, Foltán R, Horká M, Hanzelka T, Borunská H, Šedý J. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(5):451–7.
66. Chen I, Karabucak B, Wang C, Wang HG, Koyama E, Kohli MR, et al. Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and a new calcium silicate-based bioceramic material as root-end filling materials in dogs. *J Endod* [Internet]. 2015;41(3):389–99. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.005>
67. Surgeons RC of. Guidelines for Periradicular Surgery 2020. Royal College of Surgeons [Internet]. 2020; Available from: [https://www.rcseng.ac.uk/-/media/files/rcs/fds/publications/periradicular\\_surgery\\_guidelines\\_2020.pdf](https://www.rcseng.ac.uk/-/media/files/rcs/fds/publications/periradicular_surgery_guidelines_2020.pdf)
68. Dianat O, Nosrat A, Mostoufi B, Price JB, Gupta S, Martinho FC. Accuracy and efficiency of guided root-end resection using a dynamic navigation system: a human cadaver study. *Int Endod J*. 2021;54(5):793–801.
69. Setzer FC, Hinckley N, Kohli MR, Karabucak B. A Survey of Cone-beam Computed Tomographic Use among Endodontic Practitioners in the United States. *J Endod*. 2017;43(5):699–704.
70. Suebnukarn S, Rhienmora P, Haddawy P. The use of cone-beam computed tomography and virtual reality simulation for pre-surgical practice in endodontic microsurgery. *Int Endod J*. 2012;45(7):627–32.
71. Ackerman S, Aguilera FC, Buie JM, Glickman GN, Umorin M, Wang Q, et al. Accuracy of 3-dimensional–printed Endodontic Surgical Guide: A Human Cadaver Study. *J Endod* [Internet]. 2019;45(5):615–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.005>
72. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2018;29(May):416–35.
73. Buniag AG, Pratt AM, Ray JJ. Targeted Endodontic Microsurgery: A Retrospective Outcomes Assessment of 24 Cases. *J Endod* [Internet]. 2021;47(5):762–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.01.007>
74. Zubizarreta-Macho Á, Castillo-Amature C, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Efficacy of computer-aided static navigation technique on the accuracy of endodontic microsurgery. A systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*. 2021;10(2):1–10.

## **AGRACEDIMIENTOS**

A mi tutora Dra. María Laura Gimenez del Arco por guiarme en este trabajo y por ser mi mentora en un tema que tanto me apasiona.

A mi Esposa e hijos, por ser mi sostén diario.

A mis Padres por el estímulo constante.

A mis queridas Docentes de la Especialidad, Profa. Dra. Beatriz Vilas, Profa Adj. Diana Golubchin, Profa. Adj. Sylvia Martinelli, Profa. Adj. Mariana Vila y Profa. Adj. Adriana Rodriguez con quienes comparto y aprendo siempre.

A mis queridos compañeros de Cátedra, que me apoyan incondicionalmente. En especial a la Dra. Sylvia Oyarzábal, quien comparte la pasión por este tema.

A mis compañeros de Especialidad, que me integraron al grupo desde el primer día.

A la Lic. Carina Patrón, que con su gran disposición me ayudó en el proceso.

