



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**“ANÁLISIS DE LA REABSORCIÓN RADICULAR EXTERNA  
ASOCIADA AL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO”**

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Odontólogo**

**Autor:** Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado

**Tutor:** Dr. Mauro Costales Lara

**Riobamba - Ecuador**

**2019**

## REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de sustentación del proyecto de investigación de título: “Análisis de la reabsorción radicular externa asociado al tratamiento ortodóntico”, presentado por Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado y dirigida por el Dr. Mauro Costales Lara, una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la UNACH; para constancia de lo expuesto firman:

A los...7...días..... del mes de...Agosto..... del año...2019.....

Dr. Dunier Arias Sóccarras.  
**Presidente del Tribunal**

Firma 

Dra. Natalia Gavilánez Bayas.  
**Miembro del Tribunal**

Firma 

Dr. Israel Crespo Mora.  
**Miembro del Tribunal**

Firma 

## CERTIFICADO DEL TUTOR

El suscrito docente-tutor de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo Dr. Mauro Costales Lara, CERTIFICA, que el Señor. Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado, con C.I. 060444986-8, se encuentra apto para la presentación del proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE LA REABSORCIÓN RADICULAR EXTERNA ASOCIADA AL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO.”** y, para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada el 30 de julio del 2019 en la ciudad de Riobamba.

Atentamente,



Dr. Mauro Costales Lara

C.I. 060279619-5

DOCENTE – TUTOR DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA

## AUTORÍA

Yo, Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado, portador de la cédula de ciudadanía número 060444986-8, por medio del presente documento certifico que el contenido de este proyecto de investigación es de mi autoría, por lo que eximo expresamente a la Universidad Nacional de Chimborazo y a sus representantes jurídicos de posibles acciones legales por el contenido de la misma. Asimismo, autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo para que realice la digitalización y difusión pública de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado

**ESTUDIANTE UNACH**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y por guiarme en cada paso que doy. El más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, especialmente a la Carrera de Odontología, a sus autoridades y docentes, quienes me abrieron sus puertas para llenarme de conocimiento y saberes con una enseñanza de calidad, los cuales me ha formado como persona y ahora como profesional de la salud. A mi tutor el Dr. Mauro Costales Lara por brindarme su apoyo e impartirme sus conocimientos durante la realización del presente trabajo.

Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado

## **DEDICATORIA**

A Dios quien me dio la vida para seguir adelante y cumplir una meta más en mi vida. A mis padres Cristóbal Velasteguí y Laura Alvarado que con su amor, esfuerzo y mucho trabajo siempre estuvieron a mi lado para apoyarme durante todo el transcurso de mi carrera, por ser el pilar fundamental en mi vida y convertirse en el motivo para seguir adelante, por ser mi ejemplo a seguir y porque sin ellos nada de esto hubiera sido posible. Gracias por nunca dejarme solo y siempre estar a mi lado, esto es por ustedes. A mis hermanas Irma que ha sido como mi segunda madre y Mercy, quienes me han apoyado siempre, que con sus palabras de sabiduría estuvieron guiándome y alentándome para poder culminar mis estudios universitarios. A mis sobrinos Sebastián y Sofía Velasteguí que siempre están junto a mí alegrando mis días y son parte fundamental en mi vida. A mí novia, por confiar en mí, por estar a mi lado en todo momento y por apoyar siempre todos mis sueños.

Fredy Cristóbal Velasteguí Alvarado

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
2.1 Criterios de Inclusión y Exclusión .....	3
2.1.1 Criterios de Inclusión: .....	3
2.1.2 Criterios de Exclusión: .....	3
2.2 Estrategia de búsqueda. ....	3
2.3 Caracterización de la metodología .....	4
2.3.1 Tipo de estudio .....	4
2.3.2 Proceso de búsqueda.....	4
2.3.3 Población .....	5
2.3.4 Muestra .....	5
2.3.5 Técnicas .....	5
2.3.6 Selección de palabras claves o descriptores .....	5
2.4 Valoración de la calidad de estudios .....	8
2.4.1 Número de artículos por año .....	8
2.4.2 Número de conteo de citas .....	9
2.4.3 Número de artículos según factor de impacto. ....	10
2.4.4 Artículos por cuartil, factor de impacto y número de citas. ....	11
2.4.5 Artículos por tipo de estudio, colección de datos y área. ....	12
2.4.6 Cantidad de artículos por país .....	12
2.4.7 Artículos por fuentes de información .....	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
3.1 Tejidos de soporte del diente.....	16
3.1.1 Encía .....	16

3.1.1.1 Encía libre.....	17
3.1.1.2 Encía adherida .....	17
3.1.2 Ligamento periodontal.....	18
3.1.3 Cemento.....	22
3.1.3.1 Cemento acelular o primario .....	22
3.1.3.2 Cemento celular o secundario.....	22
3.1.4 Hueso alveolar .....	22
3.2 Tratamiento ortodóntico .....	23
3.2.1 Movimiento dental inducido por ortodoncia .....	24
3.2.1.1 Hialinización.....	25
3.2.1.2 Teoría de la presión-tensión producida por el movimiento dental .....	26
3.2.1.3 Respuesta del ligamento periodontal frente a la movilidad dental normal.....	27
3.2.1.4 Respuesta del ligamento periodontal a la aplicación de fuerzas ortodónticas.....	28
3.2.2 Tipos de movimientos ortodónticos .....	29
3.2.2.1 Movimientos de intrusión.....	29
3.2.2.2 Movimientos de extrusión .....	29
3.2.2.3 Movimientos de inclinación .....	30
3.2.3 Fuerzas ortodónticas .....	30
3.2.3.1 Magnitud de la fuerza.....	30
3.2.3.2 Duración de la fuerza.....	30
3.2.3.3 Fuerza optima .....	31
3.3 Reabsorción Radicular en ortodoncia.....	31
3.3.1 Frecuencia de la reabsorción radicular externa .....	33
3.3.2 Reabsorción radicular inflamatoria .....	42
3.3.3 Etiología .....	42

3.3.4 Factores de riesgo .....	43
3.3.4.1 Susceptibilidad individual .....	43
3.3.4.2 Genero del paciente .....	43
3.3.4.3 Edad .....	43
3.3.4.4 Morfología de la raíz dentaria .....	44
3.3.4.5 Traumatismo dental .....	44
3.3.4.6 Mala oclusión .....	44
3.3.4.7 Tipo de aparato ortodóntico.....	45
3.3.4.8 Tipo de movimiento .....	45
3.3.4.9 Tiempo del tratamiento.....	46
3.3.4.10 Magnitud de la fuerza .....	46
3.3.4.11 Duración de la fuerza.....	46
3.3.4.12 Tratamiento con extracciones.....	47
3.3.5 Ortodoncia y endodoncia.....	47
3.3.5.1 Reabsorción radicular externa en dientes con tratamiento de conducto.....	47
3.3.6 Clasificación de la reabsorción radicular.....	48
3.3.7 Métodos diagnósticos para detectar la reabsorción radicular .....	49
3.3.7.1 Radiografías.....	49
3.3.7.2 Tomografía computarizada cone-beam .....	50
3.4 Discusión .....	51
4. CONCLUSIONES .....	56
5. PROPUESTA .....	57
6. BIBLIOGRAFÍA:.....	58
7. ANEXOS .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla Nro. 1.</b> Términos utilizados en los buscadores académicos.....	6
<b>Tabla Nro. 2.</b> Artículos por tipo de estudio, colección de datos y área.....	13
<b>Tabla Nro. 3.</b> Grado de reabsorción radicular externa más frecuente asociada al tratamiento ortodóntico.....	34
<b>Tabla Nro. 4.</b> Sistema de puntuación de Levander y Malmgren.....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico Nro. 1.</b> Algoritmo de búsqueda Bibliográfica.....	7
<b>Gráfico Nro. 2.</b> Número de artículos por año.....	8
<b>Gráfico Nro. 3.</b> Número de conteo de citas.....	9
<b>Gráfico Nro. 4.</b> Número de artículos según factor de impacto. ....	10
<b>Gráfico Nro. 5.</b> Artículos por cuartil, factor de impacto y número de citas.....	11
<b>Gráfico Nro. 6.</b> Artículos por país.....	14
<b>Gráfico Nro. 7.</b> Artículos por cada fuente de información.....	15
<b>Gráfico Nro. 8.</b> Mucosa bucal .....	16
<b>Gráfico Nro. 9.</b> Tipos de células que se encuentran dentro del espacio del ligamento periodontal .....	19
<b>Gráfico Nro. 10.</b> Función de las células del ligamento periodontal.....	20
<b>Gráfico Nro. 11.</b> Grupo de fibras principales del ligamento periodontal.....	21
<b>Gráfico Nro. 12.</b> Zonas de presión y tensión creadas durante el movimiento dental ortodóntico .....	25
<b>Gráfico Nro. 13.</b> Conformaciones de zonas de presión y tensión.....	27
<b>Gráfico Nro. 14.</b> Grados de la resorción radicular externa en base a Levander y Malmgren ..	49

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia de la reabsorción radicular externa asociada al tratamiento ortodóntico mediante una revisión de la literatura. La búsqueda se realizó en base de datos electrónicas como: PubMed, Scielo, Google Scholar y Elsevier. Se seleccionaron artículos con temas relacionados a reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico, una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión se escogieron 64 artículos que cumplieron con las normas establecidas para su búsqueda como, artículos publicados entre los años 2008-2019, artículos dentro de revistas de alto impacto que se encontraban en cuartiles de Q1 a Q4, con un número promedio de citas o ACC (Average Count Citation) mayor a 1,5. En base a la evidencia encontrada, la reabsorción radicular es un efecto secundario indeseable del tratamiento ortodóntico, debido a las fuerzas que se aplican durante dicho tratamiento para producir movimiento dental, esto tiene como consecuencia la pérdida permanente de la longitud normal de la raíz, de acuerdo a varios estudios se ha reportado que más del 90% de pacientes desarrollan reabsorción radicular externa inducida por el tratamiento ortodóntico. Sin embargo existen factores de riesgo que influyen en el aumento de la reabsorción radicular, como, factores biológicos que están relacionados directamente con el paciente y factores mecánicos relacionados con el tratamiento ortodóntico, siendo este último el que tenga más relación con el desarrollo de la reabsorción radicular, ya que el tipo de movimiento dental, la magnitud de fuerza aplicada y la duración del tratamiento causan mayor reabsorción radicular externa.

**Palabras clave:** reabsorción radicular externa, tratamiento ortodóntico, movimiento dental, fuerzas ortodónticas.

## Abstract

This research is intended to determine the frequency of external root resorption associated with orthodontic treatment by reviewing the literature. The search was carried out on electronic database such as: PubMed, Scielo, Google scholar and Elsevier, articles with topics related to root reabsorption associated with orthodontic treatment were selected, once the inclusion and exclusion criteria were applied, 64 articles were chosen that met the standards established for their search, such as, articles published between the years 2008-2019. The articles within high impact journals that were in quartiles from Q1 to Q4, with an average number of citations or ACC (Average Count Citation) greater than 1.5. Based on the evidence found, root resorption is an undesirable side effect of orthodontic treatment, due to the forces that are applied during such treatment to produce dental movement, this has a consequence the permanent loss of the normal root length, According to several studies it has been reported that more than 90% of patients develop external root resorption induced by orthodontic treatment. However, there are risk factors that influence the increase in root reabsorption, such as biological factors that are directly related to the patient and mechanical factors related to orthodontic treatment, the latter being the one that is more closely related to the development of root reabsorption as the type of dental movement, the magnitude of force applied and the duration of treatment cause greater external root resorption.

Keywords: External root resorption, orthodontic treatment, dental movement, orthodontic forces.

Reviewed by: Granizo, Sonia

Language Center Teacher



# 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como tema principal la reabsorción radicular externa que se define como la pérdida de tejido radicular asociada a varios factores de riesgo, entre ellos el tratamiento ortodóntico. Esta investigación se enfoca en facilitar la información necesaria a estudiantes y profesionales del área de odontología (ortodoncia), sobre los efectos secundarios que produce el tratamiento ortodóntico, así como, los diversos factores de riesgo que pueden provocar la aceleración de dicha patología, la información tomada para este trabajo es producto del análisis y revisión de distintas publicaciones científicas. <sup>(1)</sup>

La reabsorción radicular externa es un efecto secundario que se presentan con frecuencia en el tratamiento ortodóntico, es por ello que es de suma importancia, conocer y analizar los factores de riesgo que intervienen en el desarrollo de la reabsorción, con el fin de evitar el avance de la misma. La reabsorción radicular se produce por el movimiento dental ortodóntico, siendo un proceso inflamatorio crónico, el cual ocasiona la reestructuración del hueso, ligamento periodontal y cemento radicular, dicho movimiento produce el colapso de vasos sanguíneos ocasionando un proceso inflamatorio estéril, el cual lleva a la regeneración ósea por parte de los osteoclastos y osteoblastos. <sup>(1)</sup>

Una de las principales causas por las cuales se produce este problema es debido a la fuerza con la que es aplicado el tratamiento ortodóntico, su duración o porque el diente no puede resistir la fuerza mínima, debido al deterioro del sistema de apoyo en donde influyen factores como: la presión de los dientes adyacentes, la inflamación periodontal, inflamación periapical, implantación o reimplantación de la pieza dentaria, trauma oclusal severo, trauma dentoalveolar con avulsión parcial o total del diente y tumores o quistes. <sup>(2)</sup> Durante el tratamiento ortodóntico existen diversas causas que aceleran el proceso de desintegración radicular como: una retracción en masa, tratamientos con extracciones y un tratamiento prolongado. <sup>(3)</sup>

Existen algunos estudios que comprueban la existencia de reabsorción radicular durante y después del tratamiento ortodóntico, siendo una patología inevitable, sin embargo, en raras ocasiones existen casos del 1% al 5% que reporta una reabsorción grado 4, es decir, reabsorción severa, está puede verse involucrada con la reabsorción del hueso. <sup>(1)</sup> La característica principal de la reabsorción radicular es que se basa en el movimiento dental, pero, por otra parte, existen

factores etiológicos en el proceso de la reabsorción, como la predisposición individual, la morfología de las raíces, fuerzas aplicadas por la unidad de superficie, iatrogenias por parte de los profesionales y desequilibrios hormonales. <sup>(3)(4)</sup>

El principal problema por analizar se da cuando existen movimientos ortodónticos a nivel de estructura radicular que generan daños que dan como resultado la reabsorción radicular externa. Esto es considerado un efecto secundario no deseado, debido a que durante el movimiento de los dientes existe una pérdida de la materia orgánica del ápice de la raíz y cuando llega a la dentina esta pérdida es irreversible. <sup>(5)(6)</sup>

La realización de los tratamientos ortodónticos en la población se ha incrementado con el pasar de los años, y como resultado se ha evidenciado el padecimiento de la reabsorción radicular, que se observa específicamente en pacientes con este tipo de tratamientos. Por lo tanto, se suscita un interés profesional y académico en el conocimiento de este tema por la recurrencia en el apareamiento de esta patología, sus factores influyentes que aparecen durante el tratamiento además del diagnóstico adecuado para el tratamiento de dicha patología. <sup>(7)</sup>

El presente estudio se realiza mediante una revisión bibliográfica de base científicas, utilizando descriptores como: reabsorción radicular durante el tratamiento ortodóntico, fuerzas y técnicas utilizadas durante el mismo, que mediante la revisión de la literatura permite la selección de artículos con aporte significativo para la investigación, por lo que el tipo de investigación es de tipo documental, transversal, descriptivo y de campo.

El objetivo principal se enfoca en determinar la frecuencia de la reabsorción radicular externa asociada al tratamiento ortodóntico, determinar los factores de riesgo que influyen en la reabsorción radicular durante el proceso, reportado en la literatura, para finalmente determinar el grado de reabsorción radicular externa más frecuente asociada al tratamiento ortodóntico.

**Palabras clave:** reabsorción radicular, ortodoncia, fuerzas ortodónticas, movimiento dental inducido por el tratamiento ortodóntico.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Criterios de Inclusión y Exclusión**

#### **2.1.1 Criterios de Inclusión:**

- Artículos relacionados con la reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodónticos.
- Artículos publicados con método científico.
- Artículos en inglés y español que contenga información relevante sobre reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico.
- Artículos publicados en los años 2008 - 2019.
- Artículos con ACC (Average Count Citation) mayor a 1,5
- Artículos que cumplan con factor de impacto SJR y Cuartil de Q1 a Q4

#### **2.1.2 Criterios de Exclusión:**

- Artículos sin resultados concluyentes.
- Artículos que no tengan relación con el tema a tratar.
- Artículos con ACC (Average Count Citation) menor a 1,5
- Artículos que no tengan ningún factor de impacto como SJR o Cuartil

### **2.2 Estrategia de búsqueda.**

La revisión bibliográfica corresponde a la descripción detallada del tema a investigarse, para lo cual se debe garantizar la obtención de información relevante de base científica relacionado a la reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico, lo cual se basó de tres fases fundamentales, que es la búsqueda de la información, organización de la información y análisis de la misma, enfocados a los artículos científicos odontológicos establecidos en los años 2008 - 2019, estos artículos se basaron en la variable dependiente, como lo es la reabsorción radicular y en la variable independiente, como el tratamiento ortodóntico.

## **2.3 Caracterización de la metodología**

### **2.3.1 Tipo de estudio**

Estudio Descriptivo: Mediante este estudio se buscó analizar la reabsorción radicular externa asociada al tratamiento ortodóntico, lo cual ayudó a estudiar cuáles son los factores de riesgo que inducen a la reabsorción radicular así como también la frecuencia y el grado de reabsorción radicular en el tratamiento ortodóntico, por lo que permitió determinar la tendencia de las investigaciones científicas en el ámbito de la especialidad ortodóntica, por medio de una revisión de la literatura, los cuales permitieron relacionar las dos variables de estudio antes expuestas.

Estudio Documental: El presente proyecto fue de carácter documental, ya que ayudó en la exploración y análisis de artículos científicos y académicos con el fin de responder a los juicios de búsqueda establecidos para esta causa.

Estudio Retrospectivo: A través de este estudio se recolecto información sobre la reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico que ha sido publicada con anterioridad en artículos científicos.

Estudio Transversal: Este estudio permitió recaudar y analizar información sobre la reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico en artículos científicos durante un periodo de tiempo determinado.

### **2.3.2 Proceso de búsqueda.**

Para la búsqueda y recopilación de la información se obtuvo de artículos con bases científicas y publicadas en revistas especializadas y de alto impacto, la búsqueda se realizó tanto en español como en inglés sobre la reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico, durante el periodo establecido entre los años 2008 – 2019, para cumplir con ello se utilizaron buscadores académicos como: Google Scholar, Scielo, PubMed, Elsevier.

Los artículos fueron seleccionados por el factor de citas que es el promedio del conteo de citas que tiene el artículo, es decir el ACC (Average Count Citation), el promedio mínimo ACC a ser considerado para la validez del artículo fue de 1,5. También se tomó en cuenta el factor de impacto del artículo, entre lo que se destacó, el promedio SJR que es un indicador de prestigio

independiente que clasifica a las revistas y el Cuartil de la revista, que se clasifica según su SJR, por lo que existen 4 grupos iguales, es decir, 4 cuartiles, Q1 comprende el cuarto de las revistas con los valores más altos, Q2 comprende los segundos valores más altos, Q3 los terceros valores más altos y Q4 comprende los valores más bajos. De esta manera los artículos que han sido publicados en revistas con un factor de impacto Q1, son consideradas las mejores revistas del mundo.

### **2.3.3 Población**

A partir de la búsqueda de artículos en distintas bases de datos científicos, la cual se realizó tanto en español como en inglés, se obtuvo un universo total de 602 artículos completos con base científica, identificados por títulos y resúmenes relacionados con el tema a tratar.

### **2.3.4 Muestra**

Para establecer el número de artículos que fueron utilizados para el desarrollo del presente trabajo, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, así como también los descriptores claves utilizados en su búsqueda, dando como resultado una muestra total de 64 artículos con base científica.

### **2.3.5 Técnicas**

Se realizó la revisión de la literatura mediante la técnica de observación. Para la recolección de datos se tomó como principio la base de artículos científicos encontrados en plataformas de búsqueda como: PubMed, Scielo, Google Scholar y Elsevier. La recopilación de los artículos se hizo dependiendo de los criterios de inclusión y exclusión antes mencionados. Para medir la calidad del artículo, se utilizó el número promedio de citas o ACC (Average Count Citation) mayor a 1,5.

### **2.3.6 Selección de palabras claves o descriptores**

Se aplicaron términos de búsqueda, también llamados palabras claves, como: reabsorción radicular externa, tratamiento ortodóntico, movimiento dental fisiológico, movimiento dental inducido por el tratamiento ortodóntico, fuerza aplicada en el tratamiento ortodóntico.

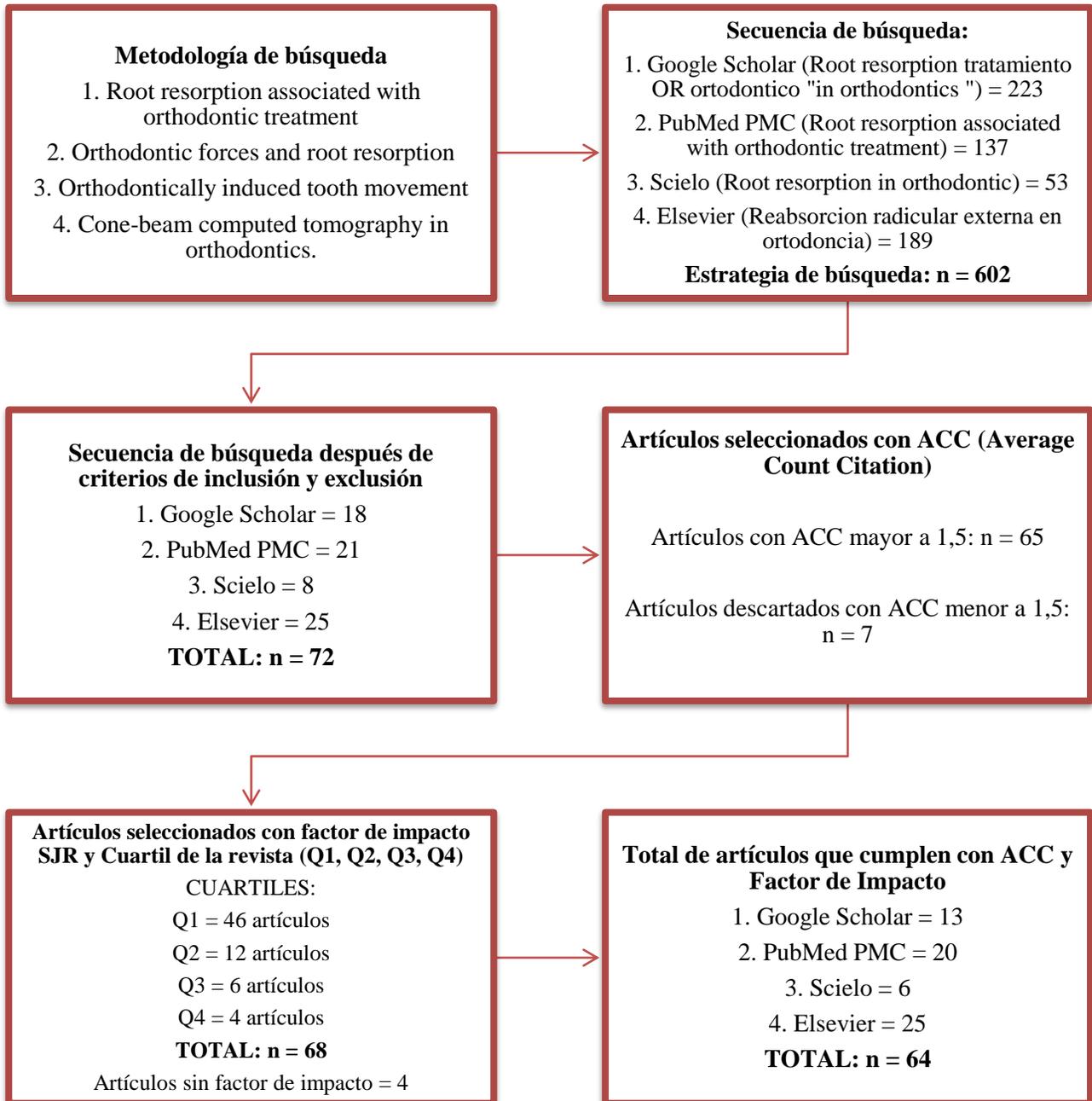
También se utilizaron otras palabras con la finalidad de combinar con los descriptores, para de este modo facilitar la búsqueda de la información y poder obtener artículos que sean adecuados para la realización de la investigación.

**Tabla Nro. 1.** Términos utilizados en los buscadores académicos

BUSCADORES	TÉRMINOS DE BÚSQUEDA
<b>Google Scholar</b>	Root resorption associated with orthodontic treatment
	External root resorption associated with orthodontic treatment
<b>PubMed (PMC)</b>	Orthodontic forces and root resorption
	External apical root resorption with orthodontic forces
<b>Elsevier</b>	Orthodontically induced tooth movement
	Apical root resorption caused by orthodontic forces
<b>Scielo</b>	Root resorption associated with orthodontic treatment
	Cone-beam computed tomography in orthodontics.

Elaborado por: Fredy Velasteguí

**Gráfico Nro. 1.** Algoritmo de búsqueda Bibliográfica



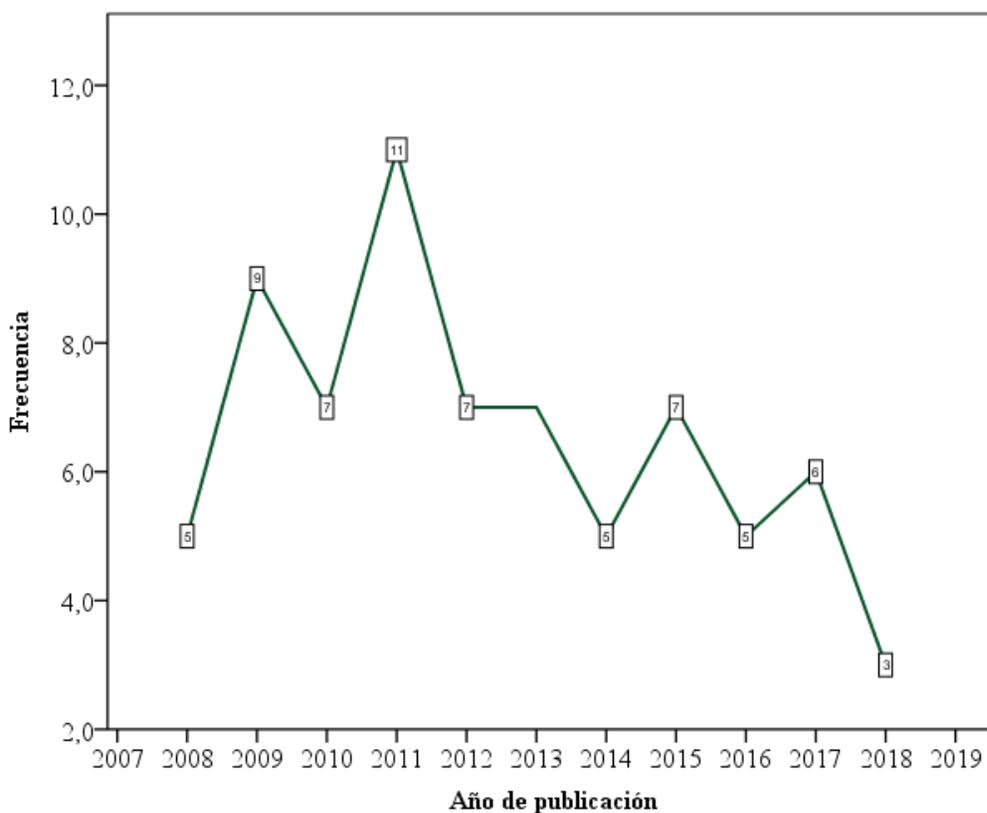
Elaborado por: Fredy Velasteguí

## 2.4 Valoración de la calidad de estudios

### 2.4.1 Número de artículos por año

Se obtuvieron un total de artículos relacionados con temas de reabsorción radicular asociado al tratamiento ortodóntico, los cuales se encuentran comprendidos durante el periodo de los años 2008 – 2019, de los cuales se describe en el **Gráfico Nro. 2** la cantidad de artículos publicados por cada año, en el que se muestra y aprecia que el año de mayor publicación es el 2011 con un total de 11 artículos, seguido de 9 publicaciones en el 2009, los años 2010, 2012, 2013 y 2015 mostraron un total de 7 artículos que se generaron, en el año 2017 fueron publicados 6, mientras que en los años 2008, 2014 y 2016 se generaron 5 publicaciones, finalmente el año 2018 tuvo una publicación de menor número con 3 artículos.

**Gráfico Nro. 2.** Número de artículos por año.



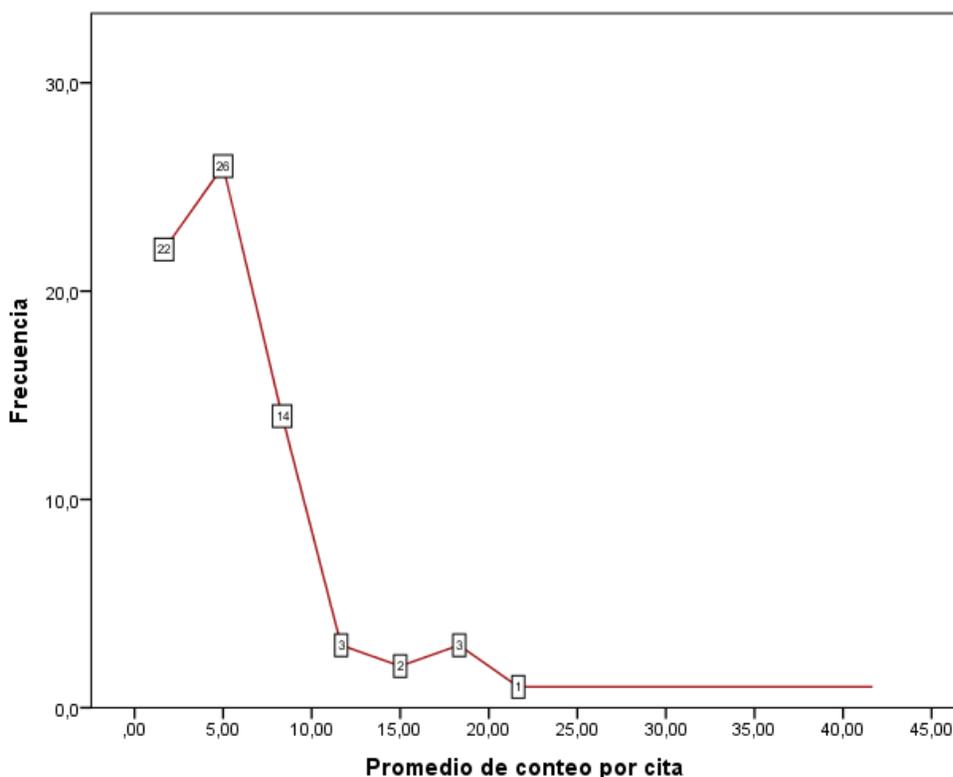
Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25.

### 2.4.2 Número de conteo de citas

Por medio del conteo de citas o el ACC (Average Count Citation), se seleccionaron los artículos de los cuales existen valores de ACC que oscilan entre 0,09 a 42,00 por lo cual en el **Gráfico Nro. 3** se tiene lo siguiente: ordenándolos por mayor número de artículos se puede encontrar que 26 de ellos se encuentran con un conteo de citas promedio que va de 3,38 a 6,30; seguido de 22 artículos con un ACC de 0,09 a 3,25; 14 artículos con un valor de citas entre 6,67 a 9,50; 3 artículos que se encuentran entre los valores de citas de 10,33 a 13,00; 2 artículos con un promedio ACC de 14,00; posteriormente 3 artículos con un conteo de citas promedio entre 16,67 a 19,50; dos artículos con valores altos de ACC considerados como los de mayor impacto con un promedio de 22,50 en un artículo y 42,00 en otro. Considerando que el ACC moderado tiene un valor mayor al 1,5.

**Gráfico Nro. 3.** Número de conteo de citas.



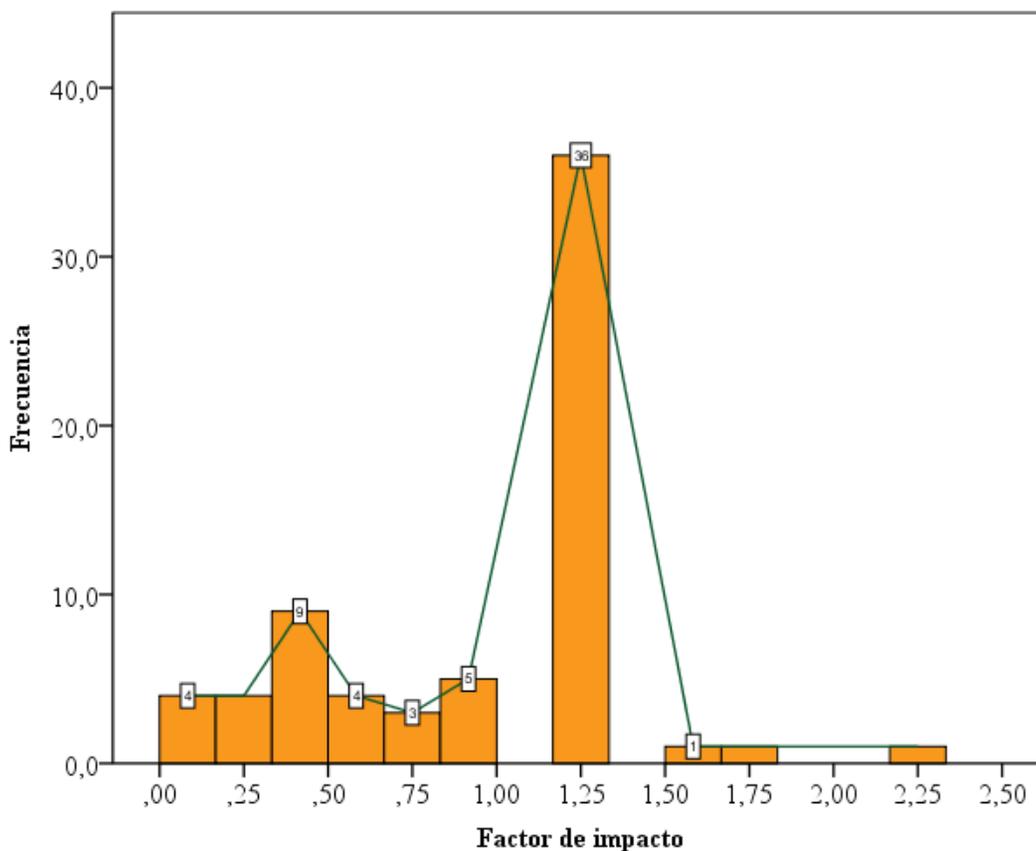
Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25.

### 2.4.3 Número de artículos según factor de impacto.

Los artículos fueron valorados además de su calidad por conteo de citas por el Scimago Journal Ranking (SJR) que determina el ranking de las revistas según un valor de factor de impacto, con esta referencia se escogieron los artículos que se publicaron en revistas dentro del ranking; en el **Gráfico Nro. 4** se muestra que el mayor cantidad de artículos con un total de 36 de ellos se encuentran dentro del rango de factor de impacto SJR de 1,27 a 1,32; 9 artículos que se encuentran en un factor SJR que oscila entre 0,36 a 0,32; 5 artículos que están en un factor de 0,86 a 0,97; finalmente es importante destacar que 4 artículos se encuentran distribuidos en valores distintos en el factor de impacto, destacados por su alto valor de 1,58; 1,79 y 2,30.

**Gráfico Nro. 4.** Número de artículos según factor de impacto.



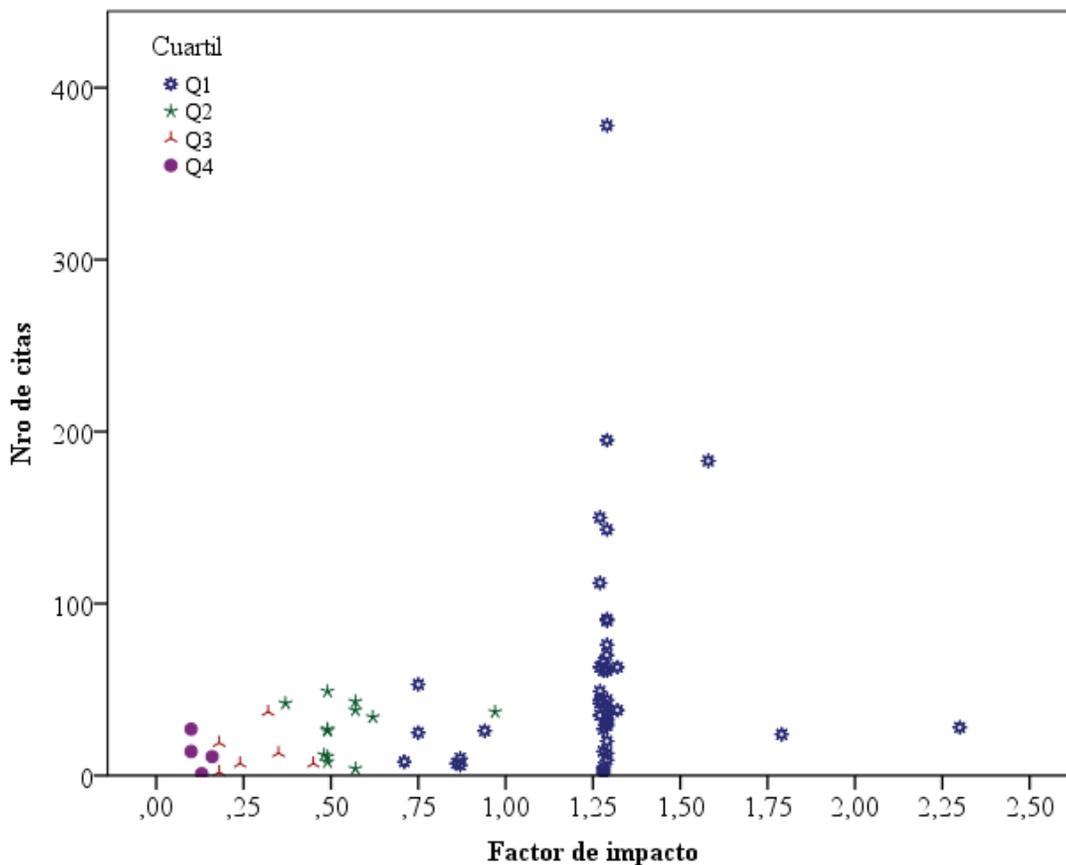
Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25.

#### 2.4.4 Artículos por cuartil, factor de impacto y número de citas.

Se realizó una comparación de 3 variables como son: el número de citas que nos determina la calidad del artículo, el factor de impacto SJR que determina el prestigio de la revista y el Cuartil que establece y ubica a la revista en un ranking según corresponda su Cuartil que puede ir de Q1 a Q4, todo esto con la finalidad de validar el artículo para la realización del estudio. Por tanto, en el **Gráfico Nro. 5** se puede estimar que la mayoría de artículos que se utilizaron en este estudio son Cuartil 1 (Q1), con un factor de impacto SJR que se proyecta entre los valores de 1,00 a 1,50; así como también se puede apreciar que existen varios artículos con números altos en citas, entre el que se destaca un número máximo de 378 citaciones en uno de ellos. Cabe recalcar que para el análisis de los artículos se tomaron en cuenta el cuartil del artículo de Q1 a Q4 y el ACC (Average Count Citation) con un valor mayor a 1,5

**Gráfico Nro. 5.** Artículos por cuartil, factor de impacto y número de citas.



Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25.

#### **2.4.5 Artículos por tipo de estudio, colección de datos y área.**

Se distribuyeron los artículos de una forma ordenada según corresponda: su área, el tipo de estudio y colección de datos, con el fin de relacionarlos entre sí y poder identificar cuáles son los artículos de mayor relevancia, por lo que en la **Tabla Nro. 2** se tiene que según la colección de datos se pudo encontrar estudios de tipo Cualitativos, Cuantitativos y mixtos es decir Cuantitativo – Cualitativo, existe una mayor cantidad de artículos (34) de tipo cuantitativo – cualitativo, seguido los de tipo cualitativo (31) y finalmente los de colección de datos cuantitativos con 7 artículos.

La colección de datos Cuantitativo – Cualitativo es el que mayor presencia de publicaciones describe, con el tipo estudio principalmente en pacientes (21), los estudios Cuantitativos también tuvieron como mayor presencia de estudios en pacientes (7), mientras que en los datos Cualitativos la mayor cantidad de artículos que se describen son con un tipo de estudio en artículos de revisión, y todos ellos fueron realizados en el área de Ortodoncia.

#### **2.4.6 Cantidad de artículos por país**

Los artículos que fueron escogidos para la elaboración de este estudio y que tuvieron relación con temas relacionados a la reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóntico, provienen de 27 países. Es así que, el país en donde existe mayor cantidad de artículos es en Brasil con un número de 13 artículos, seguido de Australia con 7 artículos, China y España con 5 artículos respectivamente, Canadá, Colombia, Suecia, Suiza y Estados Unidos con 4 artículos por país, cabe recalcar que una cantidad de 22 artículos provienen del resto de países, distribuyéndose entre 3, 2 y 1 artículo por país, como se muestra en el **Grafico Nro. 6**. Demostrando que el tema de estudio demanda un interés global y de gran tendencia en el desarrollo científico.

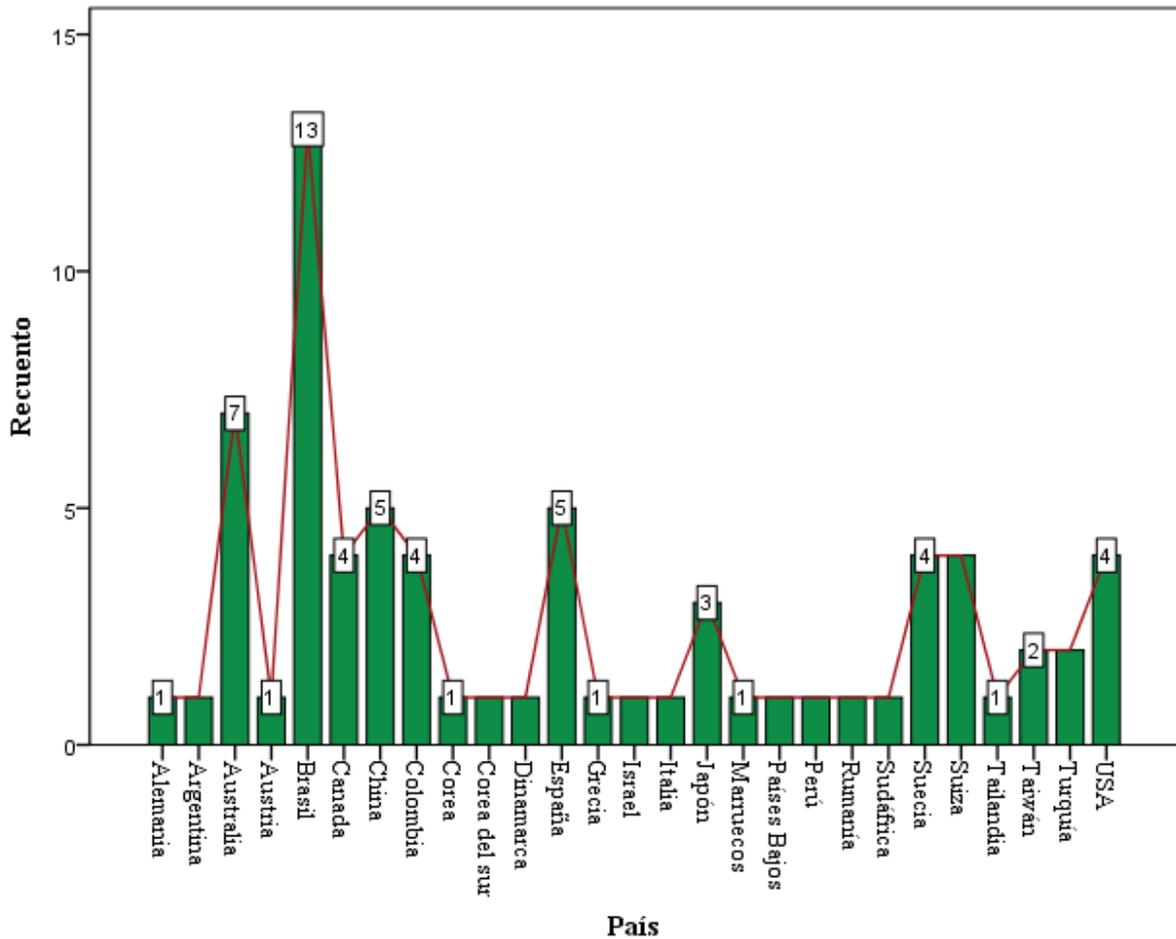
**Tabla Nro. 2.** Artículos por tipo de estudio, colección de datos y área.

Tipo de colección de datos	Área de estudio	Artículos de revisión	Caso- Control	Estudio en pacientes	Estudio en piezas dentales	Revisión Bibliográfica
<b>Cualitativo</b>	Fuerza de ortodoncia	1	0	0	0	0
	Movimiento dental en Ortodoncia	2	0	0	0	0
	Ortodoncia	9	1	7	0	7
	Ortodoncia y Periodoncia	1	0	0	0	0
	Reabsorción Radicular	2	0	0	0	0
	Tomografía computarizada cone beam Orto.	1	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
<b>Cuantitativo</b>	Movimiento dental en Ortodoncia	0	0	1	0	0
	Ortodoncia	0	0	4	0	0
	Reabsorción Radicular	1	0	0	0	0
	Tomografía computarizada cone beam Orto	0	0	1	0	0
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Cuantitativo - Cualitativo</b>	Ortodoncia	0	7	20	0	1
	Reabsorción Radicular	1	2	1	1	0
	Vías celulares y moleculares en ortodoncia	1	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25.

**Gráfico Nro. 6.** Artículos por país



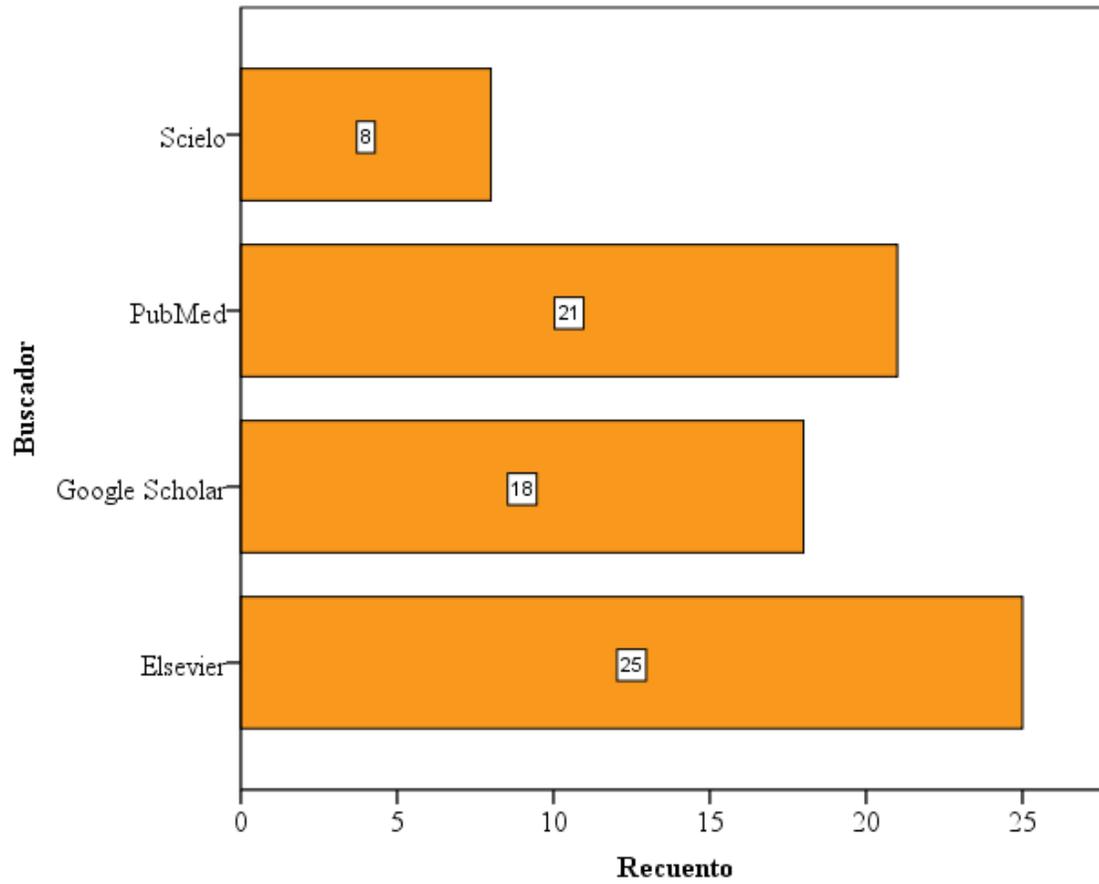
Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25

#### **2.4.7 Artículos por fuentes de información**

La búsqueda de artículos se realizó en varias fuentes de información o buscadores académicos, en los que una vez aplicados los criterios de inclusión se obtuvo una muestra de 72 artículos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera, según el tipo de buscador académico, como se puede apreciar en el **Gráfico Nro.7** se tiene que la mayor número de artículos encontrados provienen de Elsevier con 25 artículos, 21 artículos provienen de PubMed (PMC), 18 artículos provienen de Google Scholar y 8 artículos corresponden a Scielo.

**Gráfico Nro. 7.** Artículos por cada fuente de información



Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Tabla de caracterización del método de búsqueda procesado en SPSS v.25

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

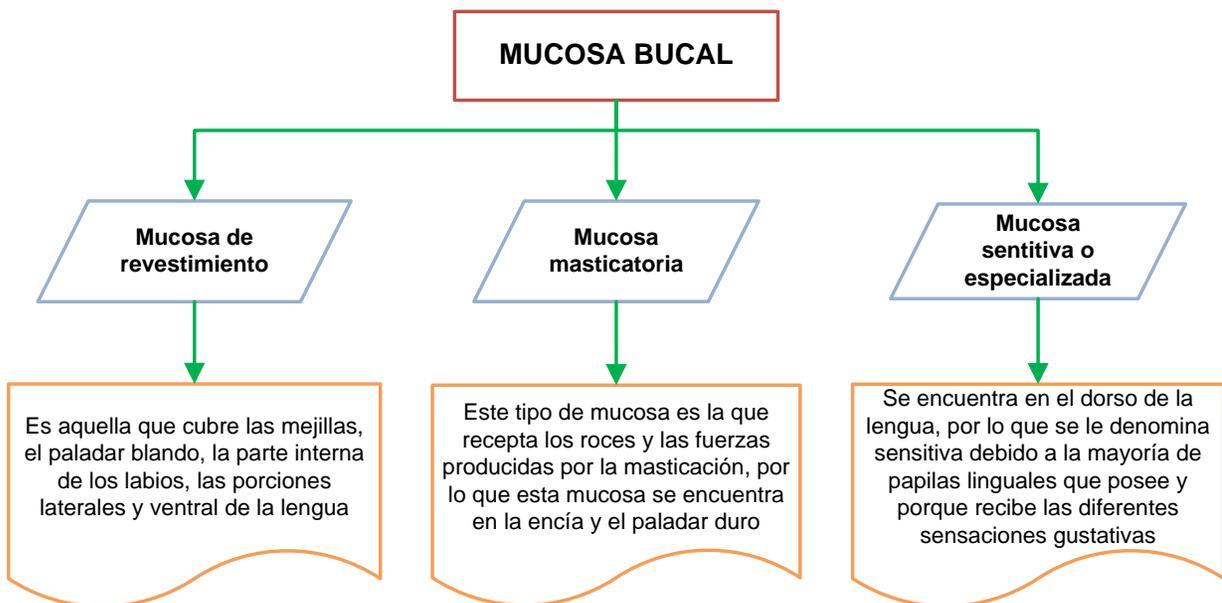
#### 3.1 Tejidos de soporte del diente.

Durante el tratamiento de ortodoncia existe una serie de fuerzas y movimientos que actúan sobre el diente y por lo tanto involucra a los tejidos de soporte, causando cambios a nivel del sistema dentoalveolar. Por lo que dentro de los tejidos de inserción se encuentra la encía, ligamento periodontal, cemento y hueso alveolar. <sup>(8)</sup>

##### 3.1.1 Encía

La cavidad bucal se encuentra cubierta o tapizada por una mucosa, la cual se encuentra compuesta por un epitelio y un tejido conectivo subyacente llamada corion o lámina propia, estos dos tejidos están unidos por la membrana basal. La mucosa bucal puede clasificarse por su localización o por su función en: mucosa de revestimiento, mucosa masticatoria y mucosa sensitiva o especializada. <sup>(9)</sup>

Gráfico Nro. 8. Mucosa bucal



Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Gómez de Ferraris ME. Histología, Embriología E Ingeniería Tisular Bucodental. Histol Embriol e Ing Tisular Bucodental. 2008; 1–12.

La encía es parte de la mucosa masticatoria la cual cubre todas las superficies alveolares de la mandíbula y maxilares, así como también rodea el cuello de los dientes. Además, este tipo de mucosa se fija fuertemente al hueso y no posee movilidad. <sup>(8)(9)</sup> La encía se encuentra conformada por un núcleo central del tejido conectivo o también tejido conjuntivo que se encuentra cubierto por epitelio escamoso estratificado, que a su vez este epitelio se puede clasificar en 3 diferentes áreas de acuerdo a su función y morfología como: epitelio gingival bucal o externo, epitelio del surco y epitelio de unión. El epitelio gingival tiene como función primordial proteger las estructuras profundas y a su vez permitir un intercambio selectivo con el medio bucal. <sup>(8)</sup>

#### **3.1.1.1 Encía libre**

Esta encía corresponde a la porción de la mucosa que no se encuentra fijada o pegada al hueso subyacente, que va desde el margen gingival o borde de la encía hasta el fondo de surco, conformando así el surco gingival que es una depresión superficial lineal y que puede ser identificada en casi el 50% de los casos y la cual separa la encía libre de la adherida, la ubicación del surco se encuentra cerca del límite de la unión amelocementaria. Mediante la sonda periodontal se puede separar la encía libre y de igual manera se puede medir su profundidad la cual normalmente es de 2 a 3 mm. <sup>(8)</sup>

#### **3.1.1.2 Encía adherida**

La encía adherida va en continuidad con la encía libre que a su vez va desde el fondo de surco y se extiende apicalmente hasta la línea mucogingival, es de consistencia firme y resiliente y se encuentra unida con firmeza al periostio del hueso alveolar. El ancho de la encía adherida por vestibular va a variar según las zonas de la boca, en la región anterior de los incisivos va hacer mayor de 3,5 a 4,5 mm en el maxilar y 3,3 a 3,9 en la mandíbula, mientras tanto en la región posterior va hacer menor a nivel del primer premolar de 1,9 mm en el maxilar y 1,8 mm en la mandíbula. Por lingual la encía adherida acaba en la unión con la mucosa alveolar lingual que continua con el revestimiento de la mucosa del piso de boca. En la superficie palatina la encía adherida se fusiona con la mucosa del paladar de manera poco visible, también con una consistencia firme y resiliente. <sup>(8)</sup>

### 3.1.2 Ligamento periodontal

Para que los dientes puedan moverse o desplazarse a través del hueso alveolar dependen del ligamento periodontal, que es por el cual se une el diente con hueso adyacente. Tiene como función principal sostener los dientes en los alveolos dentarios, mientras que los dientes soportan fuerzas de masticación considerables. En promedio, el ligamento periodontal ocupa un espacio alrededor de 0,2 mm. Hay que mencionar, además que el ancho del ligamento periodontal puede variar dependiendo de su ubicación a lo largo de la raíz del diente, y puede ser de 0.15 a 0.38 mm, con la parte más delgada ubicada en el tercio medio de la raíz, este espacio también puede disminuir sucesivamente con la edad. <sup>(10)</sup>

El ligamento periodontal comprende uniformemente una membrana de tejido conjuntivo fibroso altamente especializado cuyo volumen total está ocupado en un 50% por vasos sanguíneos de los cuales predominan las vénulas y los capilares, así mismo también se encuentra compuesto por haces de fibras de colágeno, células y fluidos tisulares. Los vasos sanguíneos tienen las paredes más finas y se pueden contraer fácilmente, lo que provoca cambios rápidos en el flujo sanguíneo del ligamento periodontal, incluso cuando se aplican fuerzas inferiores. <sup>(11)</sup>

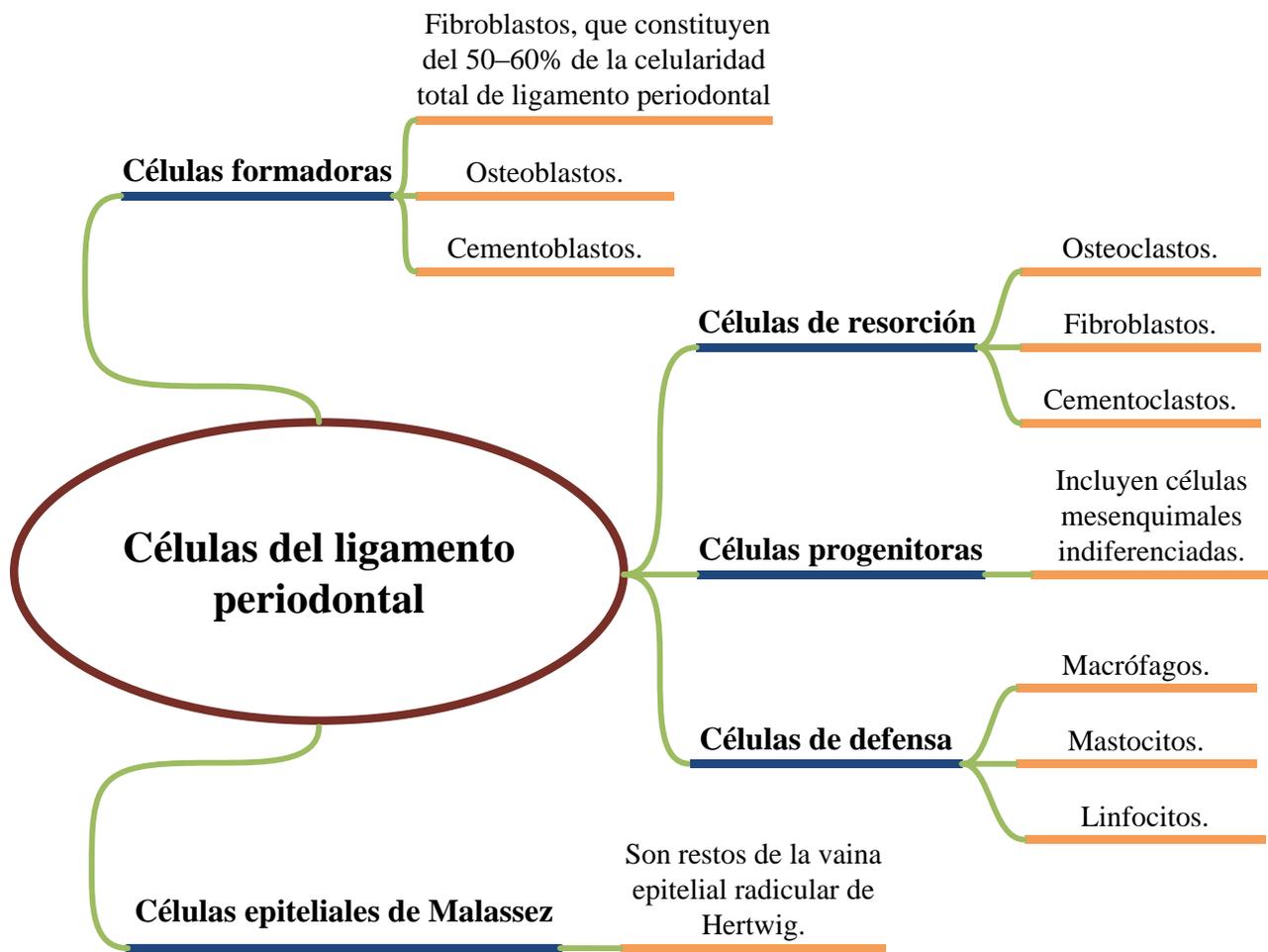
El espacio del ligamento periodontal en su mayoría está compuesto por haces de fibras de colágeno principalmente de colágeno Tipo I, que están dentro de la sustancia intercelular. La parte terminal de las fibras que se insertan en el cemento y el hueso alveolar se denominan fibras de Sharpey. Estas fibras se dividen en, fibras principales, accesorias y oxitalánicas (elásticas). <sup>(10)(8)</sup>

Conforme con su orientación y ubicación a lo largo del diente, las fibras principales pueden clasificarse aún más en fibras transeptales o ligamento interdental y ligamento alveolodental. Las fibras transeptales se expanden en sentido interproximal conectando el cemento de los dientes para conservar la alineación de estos, y el grupo de fibras alveolodental del ligamento ayuda a los dientes a resistir las fuerzas de compresión durante la masticación. <sup>(10)</sup>

Las fibras accesorias van desde el hueso alveolar hasta el cemento en diferentes planos, más tangencialmente para impedir la rotación del diente. <sup>(10)</sup> Las fibras oxitalánicas van en dirección oclusal a apical paralelas a la superficie radicular y se insertan en el cemento del tercio cervical de la raíz. <sup>(8)</sup>

Se identifican los siguientes tipos de células de diferentes funciones que se encuentran en el espacio del ligamento periodontal <sup>(8)(10)</sup>:

**Gráfico Nro. 9.** Tipos de células que se encuentran dentro del espacio del ligamento periodontal

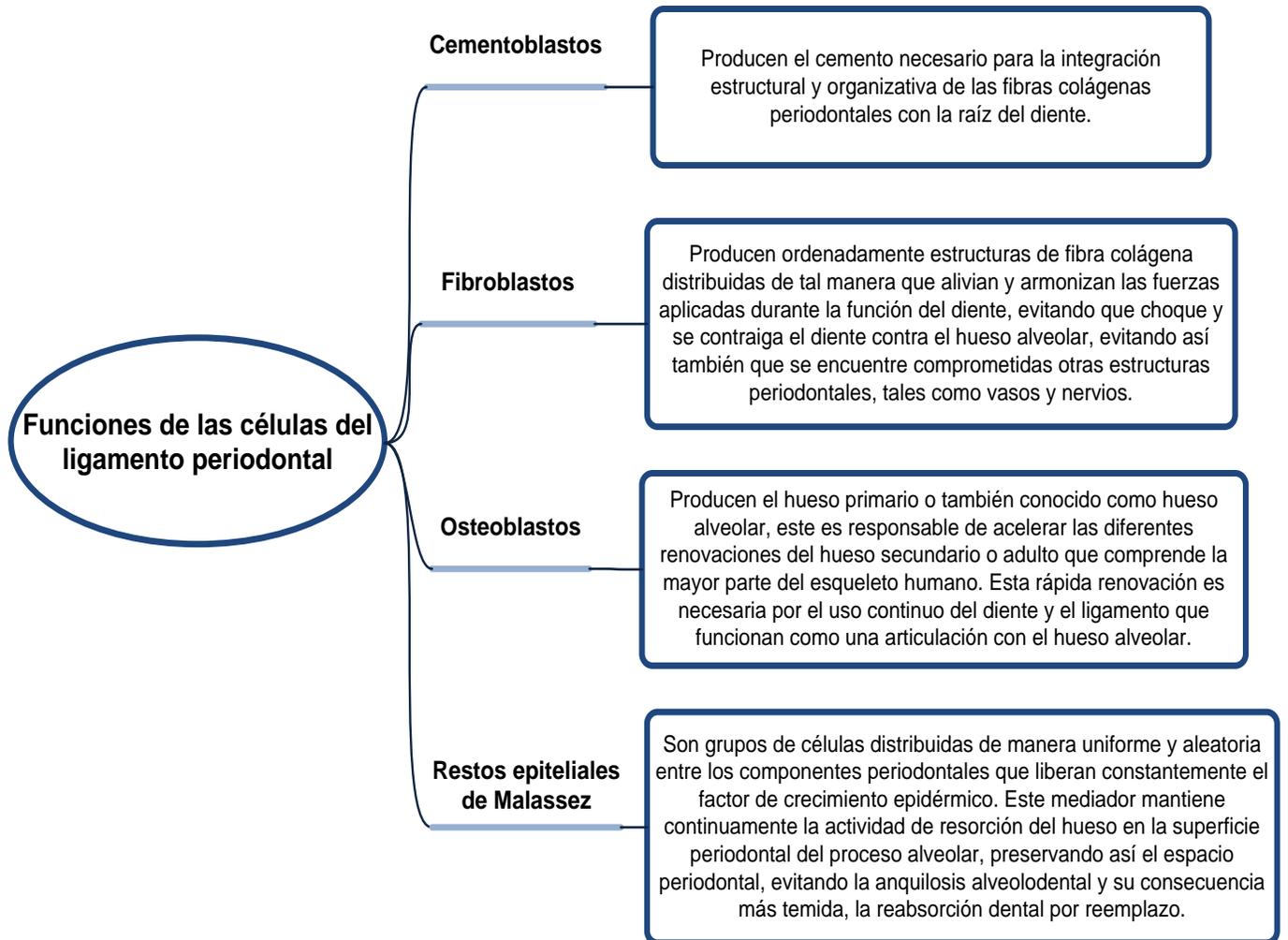


Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Newman MG, Takei HH, Klokkeold PR, Carranza FA. Carranza Periodontología Clínica. 2010;1287.

En cuanto a la especialización del ligamento periodontal, puede ser estimado en muchos aspectos, entre los cuales están las funciones de las siguientes células <sup>(11)</sup>:

**Gráfico Nro. 10.** Función de las células del ligamento periodontal.



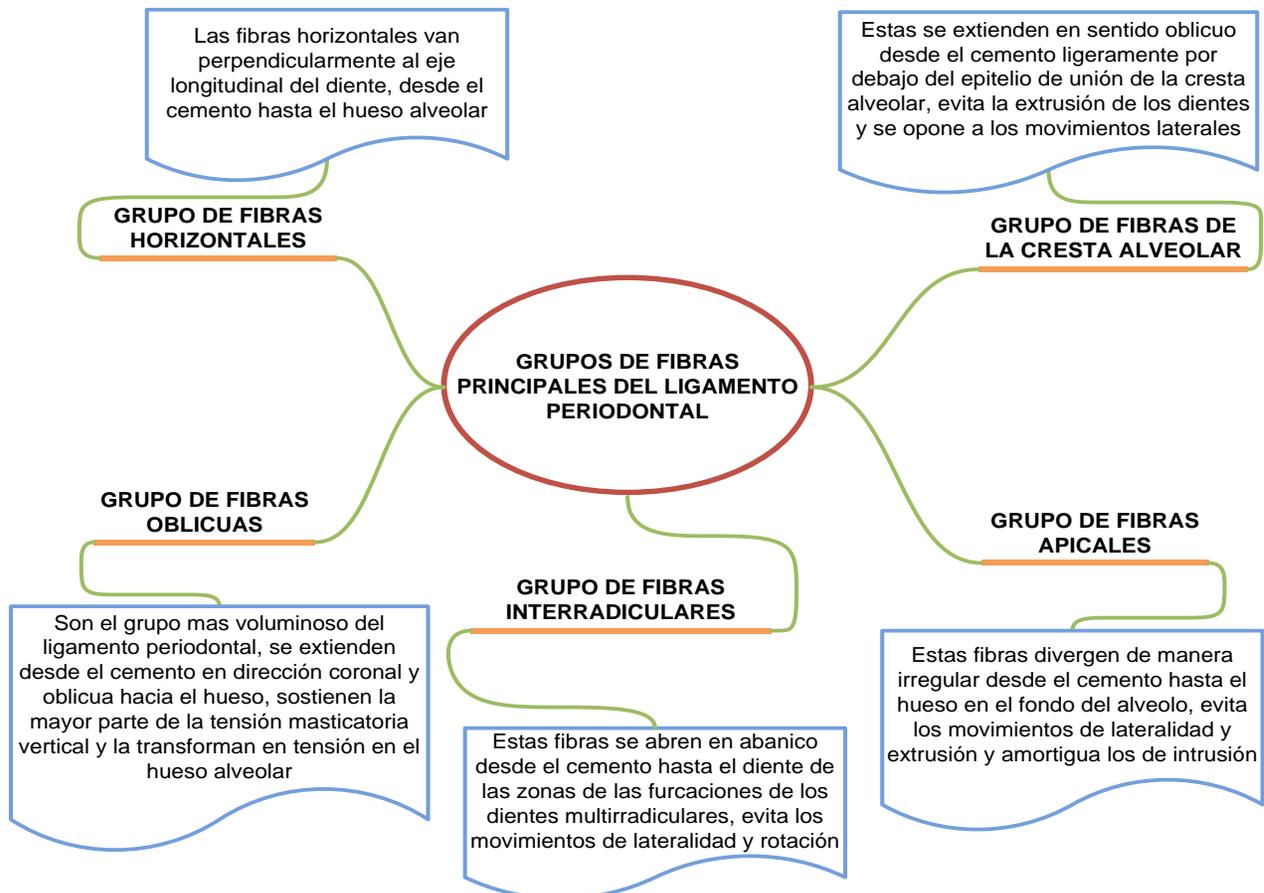
Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Consolaro A. Force distribution is more important than its intensity! Dental Press J Orthod. 2014;19(1):05-7.

Estas diversas células juntas participan en la homeostasis del periodonto. Finalmente, el espacio del ligamento periodontal se llena con un fluido tisular conocido como fluido intersticial que se deriva del sistema vascular. Esta cámara llena de fluido permite que el espacio del ligamento periodontal pueda distribuir uniformemente las fuerzas cargadas en los dientes, que actúa como un choque de absorción. <sup>(10)</sup>

En cuanto a las fibras principales del ligamento periodontal, se clasifican en los siguientes grupos: fibras de la cresta alveolar, fibras horizontales, fibras oblicuas, fibras apicales y fibras interradiculares. <sup>(8)</sup>

**Gráfico Nro. 11.** Grupo de fibras principales del ligamento periodontal.



Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Newman MG, Takei HH, Klokkedold PR, Carranza FA. Carranza Periodontología Clínica. 2010;1287.

### **3.1.3 Cemento**

El cemento es una capa delgada de tejido mineralizado en la superficie de la raíz que se encarga de proporcionar anclaje para las fibras principales del ligamento periodontal, proviene del tejido mesenquimatoso calcificado que forma la parte exterior de la raíz del diente, existen dos tipos principales de cemento radicular que son: cemento acelular o primario y cemento celular o secundario. También existe 2 fuentes de fibras de colágeno en el cemento, la una son las fibras de Sharpey que son extrínsecas, mediante las cuales se van a insertar las fibras principales del ligamento periodontal, las otras son fibras intrínsecas pertenecientes a la matriz del cemento y producidas por los cementoblastos. <sup>(8)</sup>

#### **3.1.3.1 Cemento acelular o primario**

Es el primero en formarse incluso antes de la erupción dentaria o antes de que el diente alcance el plano oclusal, este cemento cubre aproximadamente desde el tercio cervical hasta los 2/3 la raíz, su grosor oscila entre 30 a 230  $\mu\text{m}$ . En su mayoría el cemento acelular está conformada por las fibras de Sharpey, que tiene como función el soporte del diente en el alveolo dental. Este cemento además contiene fibrillas de colágeno intrínsecas calcificadas y se encuentran irregularmente o paralelas a la superficie radicular, pero no contiene células. <sup>(8)</sup>

#### **3.1.3.2 Cemento celular o secundario**

El cemento celular llega a formarse cuando el diente ha alcanzado al plano oclusal y se forma alrededor de los ligamentos del periodonto, este tipo de cemento contiene células que son los cementocitos, que se encuentran en espacios individuales llamados también lagunas, estas lagunas se encuentran conectadas a través de canales estrechos conocidos como canalículos, por otra parte el cemento celular se encuentra menos calcificado que el cemento acelular y las fibras de Sharpey se encuentran en menor cantidad en comparación con el cemento acelular por lo que ocupan una porción mínima y dichas fibras pueden estar o no calcificadas. <sup>(8)</sup>

### **3.1.4 Hueso alveolar**

El hueso alveolar es un tipo de tejido conectivo mineralizado que consiste en 60% de tejido mineralizado, 25% de matriz orgánica y 15% de agua. Mientras que la mayoría del hueso alveolar es trabecular, una placa de hueso compacto llamada lámina dura se encuentra adyacente

al espacio del ligamento periodontal. Las fibras del ligamento periodontal se unen al hueso alveolar por medio de la perforación de la lámina dura, mientras que los otros extremos se conectan al cemento. Algunos tipos de células, como; osteoblastos, osteoclastos y osteocitos, desempeñan papeles críticos en la homeostasis y la función del hueso alveolar. Además, macrófagos, células endoteliales y los adipocitos también se pueden encontrar dentro del hueso alveolar. <sup>(10)</sup>

Los osteoblastos son células formadoras de hueso mononucleadas y especializadas. Tanto los osteoblastos como los fibroblastos pueden sintetizar la matriz de colágeno tipo I. El número de osteoblastos disminuye con la edad, lo que lleva a un desequilibrio en la deposición ósea y la reabsorción. Los osteocitos se derivan de los osteoblastos que están incrustados en el hueso mineralizado durante la aposición del hueso. Durante este proceso, minerales tales como hidroxiapatita, carbonato de calcio y el fosfato de calcio se deposita alrededor del osteocito, formando una laguna, el espacio que ocupa un osteocito durante toda su vida útil. <sup>(10)</sup>

### **3.2 Tratamiento ortodóntico**

La ortodoncia es una disciplina especializada en la investigación y práctica del movimiento dental a través de sus alveolos. El movimiento de los dientes por medio del complejo dentoalveolar es una secuencia sinérgica del fenómeno físico y la remodelación del tejido biológico. El comportamiento físico del movimiento de los dientes debido a la fuerza ortodóntica aplicada, se basa en las leyes de Newton. El sistema biológico del diente reacciona a la variación en la magnitud de fuerza aplicada sobre el diente, el tiempo de aplicación y la direccionalidad a través de las células receptoras y las cascadas de señalización que en última instancia producen remodelación ósea y el movimiento dental ortodóntico. <sup>(10)</sup>

Actualmente, el tratamiento de ortodoncia requiere una duración promedio de 2 a 3 años. El tratamiento prolongado presenta mayores riesgos de numerosos efectos secundarios para los pacientes, entre los cuales se ha informado con frecuencia la reabsorción radicular apical externa. <sup>(12)</sup>

### 3.2.1 Movimiento dental inducido por ortodoncia

El movimiento dental ortodóntico, es un proceso de adaptación fisiológica del hueso alveolar que se logra mediante la remodelación del hueso como respuesta a la carga mecánica. Cuando se aplican fuerzas de ortodoncia sobre la estructura dentaria, la transferencia de carga va desde el diente a través del ligamento periodontal hasta el hueso alveolar, y causa una lesión reversible menor en el periodonto que soporta al diente. Esta lesión menor, más las fuerzas físicas colocadas en el ligamento periodontal llevan a una remodelación ósea selectiva en zonas distintas alrededor de los dientes después de la reabsorción. <sup>(13)(10)</sup>

Después de ser aplicada una fuerza ortodóntica y según la dirección de la misma, se van a crear dos zonas en el espacio del ligamento periodontal, una zona de presión y una de tensión. En dirección de la fuerza, el ligamento periodontal tiene una fuerza de presión a medida que se comprime el ligamento periodontal por el movimiento del diente hacia el hueso. En el lado de tensión, el desplazamiento de la raíz dental crea una fuerza de tensión en las fibras del ligamento periodontal que unen el diente al hueso. En estas zonas se descargan las fibras del ligamento periodontal que sujetan el diente al hueso. De manera que, la transducción de fuerzas mecánicas a las células desencadena una respuesta biológica caracterizada por lesión aséptica y reabsorción ósea en el lado de presión y formación de hueso en el lado tensión. <sup>(13)</sup>

Curiosamente, esto contrasta con el hueso en el que la aplicación de presión estimula la formación ósea. Hay dos explicaciones posibles de por qué la aplicación de presión en el diente conduce a la reabsorción ósea, mientras que la aplicación de presión en el hueso lleva a la formación ósea. Una es que la presión en el diente reducirá la tensión normal entre el ligamento periodontal y el hueso adyacente. Es por esto que se cree que el movimiento dental ortodóntico disminuye las fuerzas mecánicas en las superficies óseas en el lado de presión. El segundo es la lesión aséptica del ligamento periodontal en el lugar de presión, que es proinflamatorio. <sup>(13)</sup>

Básicamente, la tasa típica de movimiento dental depende de la magnitud y duración de la fuerza aplicada, número y forma de las raíces, características de las trabéculas óseas, respuesta individual y colaboración por parte del paciente. Presumiblemente, la fuerza aplicada dará lugar a la hialinización de factores anatómicos y mecánicos. La tasa de movimiento biológico de los dientes con fuerza óptima es de aproximadamente 1 a 1,5 mm en 4 a 5 semanas. <sup>(14)</sup>

**Gráfico Nro. 12.** Zonas de presión y tensión creadas durante el movimiento dental ortodóntico



Elaborado por: Fredy Velasteguí

Fuente: Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. Kaohsiung J Med Sci

### 3.2.1.1 Hialinización

La hialinización se produce en zonas locales de presión del ligamento periodontal producido por el movimiento del diente hacia el hueso, lo que da lugar a eventos biológicos tales como: alteración del flujo sanguíneo, muerte celular y colapso de vasos sanguíneos, que conjuntamente conlleva a la formación de tejido necrótico conocido como hialinización. La fase de hialinización aparece durante la etapa inicial del movimiento dental ortodóntico y permanece durante 2 a 3 semanas. En esta fase el movimiento dental se detiene y esta situación se mantiene hasta que el tejido necrótico o hialinizado sea reabsorbido por macrófagos junto con la reabsorción del hueso producida por osteoclastos, iniciando así la regeneración ósea por parte del ligamento periodontal, con el fin de reestablecer y reorganizar las fibras del ligamento periodontal al nuevo lugar de inserción del diente en el hueso alveolar recién formado. <sup>(15)(14)</sup>

Algunos estudios experimentales han demostrado cambios vasculares y celulares avanzados en el ligamento periodontal después de solo unas pocas horas de aplicación de fuerza ortodóntica. Por otro lado, también se ha demostrado que no solo en la fase inicial del movimiento dental ortodóntico se podía observar la hialinización, sino también en las etapas posteriores se encontraron pequeñas zona hialinizadas. La hialinización durante las últimas etapas del movimiento dental podría, en parte, explicar las diferencias observadas clínicamente en la tasa de movimiento dental entre diferentes pacientes debido a la susceptibilidad individual. <sup>(15)</sup>

### **3.2.1.2 Teoría de la presión-tensión producida por el movimiento dental**

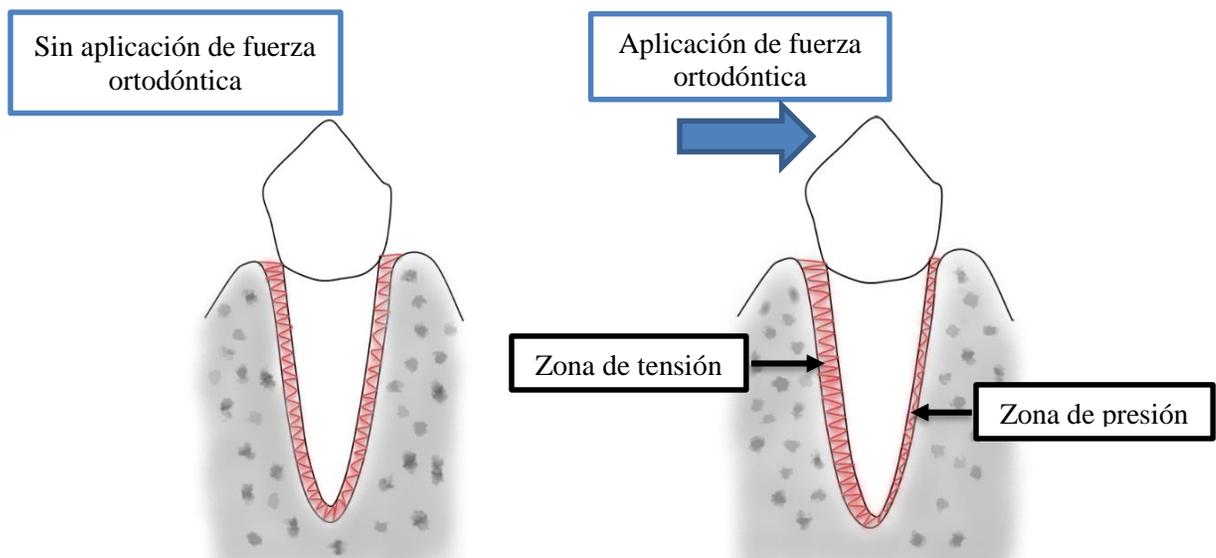
La teoría clásica de presión-tensión plantea señales químicas, en lugar de eléctricas, como estímulo para la diferenciación celular y en última instancia, para el movimiento dental. Esta teoría propone que, en unos pocos segundos tras la aplicación de una fuerza, el diente cambia su posición dentro del espacio del ligamento periodontal, lo que da como resultado una compresión o presión del ligamento periodontal en algunas áreas y un estiramiento o tensión del ligamento periodontal en otras. Mientras que el flujo de sangre disminuye en el lado de la presión, se mantiene o aumenta en el lado de tensión. <sup>(10)</sup>

Si la fuerza de carga se mantiene, la alteración en el flujo sanguíneo cambia rápidamente (en minutos) la tensión de oxígeno (nivel de O<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub>) y el entorno químico al liberar agentes biológicamente activos como prostaglandinas y citoquinas (p. Ej. Interleucina (IL) -1 $\beta$ ). Estos mediadores químicos afectan de manera diferencial las actividades celulares en las áreas de presión frente a tensión dentro del ligamento periodontal, lo que promueve un resultado neto de la resorción ósea en el lado de presión y la formación de hueso en el lado de tensión. <sup>(10)</sup>

La fuerza pesada corta el flujo sanguíneo, lo que resulta en la muerte celular bajo presión, conocido como hialinización. Como resultado, no se produce una diferenciación de osteoclastos dentro del espacio de presión del ligamento periodontal; en cambio, un retraso en la diferenciación de los osteoclastos del espacio adyacente de la médula ósea es responsable de la resorción ósea que elimina la lámina dura en el lado de presión del ligamento periodontal. El movimiento del diente sigue la finalización de estos procesos en el lado de presión, pero no antes, por lo tanto, después de aplicada una fuerza pesada toma de 7 a 14 días para que se produzca el movimiento de los dientes. <sup>(10)</sup>

Por el contrario, las fuerzas ligeras solo reducen el flujo sanguíneo, lo que permite un rápido reclutamiento de osteoclastos dentro del ligamento periodontal o mediante el flujo sanguíneo. Estos osteoclastos eliminan la lámina dura en el proceso de reabsorción frontal, que es un tipo de reabsorción que se produce por el movimiento ortodóntico y con aplicación de fuerzas ligeras o leves. El movimiento de los dientes comienza poco después, generalmente dentro de los 2 días posteriores a la aplicación de la fuerza ligera. Clínicamente, es casi imposible evitar la oclusión de los vasos sanguíneos por completo, por lo que la hialinización siempre se produce en cierta medida y el movimiento de los dientes es el resultado de la reducción de la absorción y la reabsorción frontal. <sup>(10)</sup>

**Gráfico Nro. 13.** Conformaciones de zonas de presión y tensión



Elaborado por: Fredy Velasteguí  
 Adaptado de: Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. Kaohsiung J Med Sci

### 3.2.1.3 Respuesta del ligamento periodontal frente a la movilidad dental normal

En la función normal de la masticación se ejercen fuerzas intensas e intermitentes sobre los dientes y las estructuras periodontales, las cuales al masticar alimentos blandos soportan fuerzas de 1 a 2 kg y con alimentos duros o resistentes soportan fuerzas hasta 50 kg. El ligamento periodontal es el encargado de amortiguar este tipo de cargas o sobrecargas que se ejercen sobre el diente, de la misma manera el líquido intersticial o también conocido como fluido tisular evita que el diente se desplace en el espacio del ligamento periodontal y que la fuerza sea transmitida

al hueso alveolar, el cual se deforma como respuesta de la misma, provocando que cada diente se desplace ligeramente. <sup>(16)</sup>

El ligamento periodontal está creado para soportar fuerzas de corta duración, cuando existen fuerzas de larga duración, intensas o prolongadas, existe una compresión de diente contra el hueso alveolar lo que estimula al hueso y da inicio a la remodelación ósea, aun cuando la fuerza no es lo suficientemente intensa. <sup>(16)</sup>

#### **3.2.1.4 Respuesta del ligamento periodontal a la aplicación de fuerzas ortodónticas.**

La respuesta del ligamento periodontal y hueso alveolar va a estar ligada directamente al tipo y magnitud de fuerza aplicada en el diente. Para que un diente se mueva existe una fuerza máxima la cual no interrumpe la irrigación capilar del ligamento periodontal que es de 26 g por cm<sup>2</sup>. Si la fuerza es excesiva o tiene una intensidad lo suficientemente apta para no permitir el suministro de sangre o para oprimir totalmente la luz de los capilares sanguíneos se produce una necrosis aséptica en la zona de compresión. <sup>(16)</sup>

Esta necrosis aséptica se le conoce como zona de hialinización, adyacente a esta zona aparecen los osteoclastos que se encargan de la resorción de la zona ósea necrosada, este proceso se le conoce como reabsorción basal, lo que causa un retraso inevitable en el movimiento dental, el cual es producto de la diferenciación celular debido a que debe existir una reabsorción considerable en el espesor del hueso antes de que el diente se mueva. <sup>(16)</sup>

En los movimientos ortodónticos lo ideal es conseguir el mayor movimiento dentario con fuerzas leves sin que se llegue a afectar a la vitalidad de las células que se alojan en el ligamento periodontal y con una regeneración ósea alveolar mediante el proceso de reabsorción frontal. El aumento de la movilidad dentaria con aplicación de fuerzas ligeras o leves puede llegar a ser algo inasequible durante el tratamiento, lo que implicaría intensificar la presión o fuerza aplicada en el diente con el fin de moverlo. Durante el tratamiento ortodóntico, la movilidad dentaria suele ser de manera paulatina debido a las zonas óseas necrosadas y que deben ser reabsorbidas mediante la reabsorción basal. Sin embargo, no se considera el uso de fuerzas excesivas como un beneficio durante el movimiento dentario. <sup>(16)</sup>

### **3.2.2 Tipos de movimientos ortodónticos**

#### **3.2.2.1 Movimientos de intrusión**

Las fuerzas intrusivas aplicadas a los dientes deben ser perpendiculares a la parte inferior del alvéolo. Las fuerzas que son perpendiculares al fondo del alvéolo se ablandan y distribuyen de manera eficiente a lo largo del proceso alveolar por medio de las diferentes formas de organización de las estructuras de fibra de colágeno en el ligamento periodontal. <sup>(11)</sup>

El ligamento periodontal está específicamente estructurado y organizado para absorber las fuerzas masticatorias que tienden a ser intrusivas o perpendiculares a la parte inferior del hueso alveolar. Los movimientos intrusivos no son agresivos para los tejidos periodontales durante la función masticatoria. <sup>(11)</sup>

A diferencia del concepto de fuerzas intrusivas, las técnicas o protocolos generalmente conocidos como mecánica intrusiva. Esta técnica tiene como objetivo producir un efecto intrusivo sobre el diente en el hueso alveolar: un efecto real que es estético y funcionalmente apropiado. Sin embargo, este efecto puede producirse por movimientos de inclinación, teniendo en cuenta la posición del diente en el alvéolo, su inclinación a lo largo del eje y el resultado de las fuerzas aplicadas para producir el efecto intrusivo. Las fuerzas aplicadas no están a 90 grados en relación con el fondo del alvéolo. De hecho, no es una fuerza intrusiva pura, sino fuerzas que conducen a un verdadero movimiento de vuelco y terminan produciendo un efecto intrusivo. <sup>(11)</sup>

#### **3.2.2.2 Movimientos de extrusión**

A los movimientos extrusivos también se les denomina como erupción forzada, este tipo de movimiento es menos arriesgado al colapso de vasos sanguíneos en el ligamento periodontal, por lo que también se debe aplicar una leve presión para evitar la avulsión total de la pieza dentaria, tipo de movimiento está indicado para solucionar defectos óseos producido por enfermedades periodontales y para aumento de la corona clínica del diente. El movimiento extrusivo conserva la relación amelocementaria y creta ósea, por lo que conjuntamente acompaña al movimiento extrusivo, el hueso y los tejidos blandos. <sup>(16)</sup>

### **3.2.2.3 Movimientos de inclinación**

Las presiones aplicadas intencionalmente para producir movimientos de inclinación tienden a concentrarse dentro de un área periodontal más pequeña. Por esta razón, existe un alto riesgo de muerte celular, hialinización y colapso de vasos sanguíneos de la matriz extracelular. La raíz del diente tiene a los cementoblastos como protectores de su integridad estructural, sin receptores para los mediadores de la resorción ósea en su membrana, los cementoblastos están sujetos a los fenómenos tisulares observados en el movimiento dental. Cuando los cementoblastos finalmente mueren por la presión ejercida en el diente que no solo restringen los vasos que los alimentan, sino que también los deforman letalmente, habrá reabsorción radicular con exposición de la superficie del diente hacia el ligamento periodontal. <sup>(11)</sup>

### **3.2.3 Fuerzas ortodónticas**

Las fuerzas ortodónticas tienden a concentrarse en los vértices de los dientes debido a su configuración en forma de cono. En otras palabras, cuando las fuerzas actúan dentro de un área limitada, tienden a concentrarse y aumentar la posibilidad de eliminar los cementoblastos, aumentando así la frecuencia de reabsorción de la raíz en esta región. <sup>(11)</sup>

#### **3.2.3.1 Magnitud de la fuerza**

La magnitud de la fuerza es la intensidad de fuerza aplicada al diente con el fin de moverlo, por lo que existen fuerzas ligeras y pesadas. La aplicación de fuerzas ligeras sin que exista interrupción de irrigación sanguínea en el ligamento periodontal es de 26 g por cm<sup>2</sup> de fuerza, mientras que las fuerzas pesadas son mayores a 75 g por cm<sup>2</sup> de fuerza produciendo corte de suministro de sangre y colapso de vasos sanguíneos formando una necrosis aséptica en el área de presión. <sup>(16)(1)(17)</sup>

#### **3.2.3.2 Duración de la fuerza**

En cuanto a la duración de la fuerza esta puede ser: continua, que es un tipo de fuerza en la que su intensidad disminuye, pero no llega a cero antes de ser reactivada; interrumpida, que su intensidad disminuye a cero hasta que sea reactivada; e intermitente, que se basa en una pausa durante los últimos 3 días de cada periodo de su reactivación. <sup>(18)(19)</sup>

### **3.2.3.3 Fuerza óptima**

El movimiento de los dientes durante el tratamiento involucra una serie de acontecimientos biológicos después de la aplicación de una fuerza, lo que hace que los dientes sean propensos a desarrollar reabsorción radicular. Por lo que Schwarz en 1930 propuso que la fuerza "óptima" para el movimiento de los dientes, debería estar dentro de los niveles de presión capilar, para mantener la vitalidad de los tejidos. Si la fuerza aplicada excede la presión arterial capilar, puede causar el colapso de los capilares y cortar el suministro de sangre. Este fenómeno puede resultar en una degradación de las capas externas protectoras de los dientes del precemento y su capa formativa de cementoblastos; esto activa la actividad de reabsorción de las células clásticas. Este proceso deja descubierta el tejido dental mineralizado, dando lugar a eventos inflamatorios, similares a la reabsorción del hueso, pero en la superficie radicular. <sup>(20)</sup>

### **3.3 Reabsorción Radicular en ortodoncia**

La reabsorción radicular apical externa es un efecto secundario indeseable causado por una inflamación estéril que está asociado con el movimiento dental ortodóntico, lo que provoca la reabsorción del cemento radicular, o puede agravarse de manera irreversible con la reabsorción final de la dentina subyacente. La reabsorción radicular apical externa es reparada en última instancia por el cemento secundario o celular. Sin embargo, puede resultar en una pérdida permanente de la longitud radicular. Los dientes vitales y tratados endodónticamente también se ven afectados, independientemente de la edad. El acortamiento de la longitud de la raíz podría causar la movilidad del diente e incluso afectar la viabilidad de los dientes a largo plazo. Considerando también que las lesiones estructurales en la superficie radicular son irreversibles. <sup>(21)(22)(23)(24)</sup>

La reabsorción radicular está íntimamente relacionada con los procesos biológicos que ocurren durante el movimiento ortodóntico, este fenómeno se conoce comúnmente como reabsorción radicular inflamatoria inducida por ortodoncia y con frecuencia es impredecible; es una consecuencia patológica inevitable del movimiento dental ortodóntico. <sup>(17)</sup> La reabsorción radicular inducida por ortodoncia es un fenómeno biomecánico; es decir, que existe una relación entre la reabsorción radicular y los efectos biológicos. Se sabe que los factores biológicos están relacionados directamente con el paciente, lo cual hasta ahora no se han podido modificar. Por

tanto, es muy importante identificar cómo los factores biomecánicos influyen en la reabsorción radicular con el fin de disminuir los riesgos y la gravedad de este fenómeno, que a su vez compromete el éxito del tratamiento. <sup>(20)</sup>

Los dientes más susceptibles a desarrollar reabsorción radicular externa son los incisivos mandibulares y maxilares, siendo los incisivos maxilares con mayor reabsorción radicular, seguidos por los incisivos mandibulares y los primeros molares superiores e inferiores <sup>(25)</sup>, sin embargo, la mayoría de autores dice que especialmente los incisivos laterales superiores son más vulnerables a desarrollar dicha reabsorción. <sup>(26)(27)(28)</sup>

La patogenia se asocia con la extracción de tejido necrótico de las áreas del ligamento periodontal que se comprime por la carga ortodóntica. Debido a que el cemento normalmente es más resistente que el hueso, las fuerzas ortodónticas en un diente generalmente causan reabsorción ósea en lugar de la pérdida del cemento. La reabsorción radicular se produce cuando la presión sobre el cemento excede su capacidad reparadora y la dentina queda expuesta, lo que permite que los odontoclastos multinucleados degraden la sustancia de la raíz. <sup>(29)(30)</sup>

Si la reabsorción de la raíz aparece a los 6 meses de haber iniciado tratamiento ortodóntico, indica que el paciente es más susceptible a desarrollar reabsorción radicular después de este periodo. <sup>(31)</sup> Varios estudios deducen que la reabsorción radicular externa puede ocurrir dentro de los primeros 35 días de tratamiento ortodóntico. Incluso con fuerzas tan ligeras como 50 g, la reabsorción radicular apical se acompaña con áreas de reparación de cemento celular, en donde la aplicación de fuerzas ortodónticas alteró el contenido mineral del cemento. <sup>(32)</sup> Se ha propuesto que, si la fuerza que induce al movimiento de los dientes es mayor que la presión parcial de los capilares periodontales es decir mayor a 26 g por  $\text{cm}^2$ , se producirá una isquemia periodontal que dará paso a la reabsorción radicular, también se ha dicho que, cuando la presión disminuye por debajo de este umbral, cesa la reabsorción de la raíz. <sup>(33)</sup> Muchos estudios han acordado que existe una correlación significativa entre la magnitud de la fuerza y la gravedad de la reabsorción radicular producida por el tratamiento de ortodoncia. <sup>(33)(34)(35)(36)</sup>

La fuerza ortodóntica aplicada sobre el diente, induce un proceso local que incluye todas las características de la inflamación: enrojecimiento, calor, hinchazón, dolor y, en cierta medida,

inhibición de la función. Este proceso, que es fundamental para producir movimiento dental, en realidad es el componente primordial del proceso de reabsorción radicular. <sup>(37)</sup>

La resorción inducida por ortodoncia se controla si se elimina la fuerza, después de siete días, no habrá más clastos, y después de cuatro a cinco semanas, toda la superficie radicular se restaurará con nuevo cemento y fibras periodontales. Para corregir la movilidad dental, su causa debe ser detectada y resuelta adecuadamente. Si la pulpa es vital, no debe someterse a un tratamiento endodóntico debido a la movilidad potencial; a menos que sea necesario manipular la pulpa y el espacio periapical con fines quirúrgicos. <sup>(38)</sup>

### **3.3.1 Frecuencia de la reabsorción radicular externa**

Varios estudios han reportado que la reabsorción radicular externa se presenta en más del 90% de casos tratados con ortodoncia. Aunque la gravedad de la reabsorción radicular es en su mayoría clínicamente insignificante, diversas investigaciones muestran que entre el 48% y 66% de los dientes tratados con ortodoncia tienen reabsorción radicular inferior a 2 mm, cuando se evalúa mediante radiografías, y por lo general, se clasifica como leve a moderada. En raras ocasiones, existe reabsorción grave, que es una reabsorción superior a 4 mm o un tercio de la longitud de la raíz, entre el 1% y 5% de los dientes tratados. <sup>(20)(39)(40)</sup>

Un acortamiento en la longitud radicular puede producir una relación corona-raíz desfavorable para los dientes afectados, esto tiene una gran importancia clínica, principalmente cuando es simultáneo con la resorción de hueso alveolar o combinado con retratamiento ortodóntico. <sup>(20)</sup> La pérdida apical de la raíz de 3 mm es igual a 1 mm de resorción de hueso crestal, lo que indicaría que la pérdida de hueso podría alcanzar una etapa crítica rápidamente si se acompaña con la reabsorción de la raíz. <sup>(21)(20)(25)</sup> En relación a los retratamientos ortodónticos, si la fuerza se aplica nuevamente en el diente con una superficie externa ya traumatizada, la reabsorción probablemente será mucho más rápido y extenso en comparación con la que se produce en la activación primaria. <sup>(20)</sup>

**Tabla Nro. 3.** Grado de reabsorción radicular externa más frecuente asociada al tratamiento ortodóntico.

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Belinda Weltman et al. (1)	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa	Fuerzas ligeras e intermitentes, fuerza pesada y continua, tiempo de tratamiento	La evidencia sugiere que el tratamiento de ortodoncia complejos causas aumento de la resorción radicular, y las fuerzas pesadas pueden ser particularmente perjudiciales. Hay algunas pruebas que sugieren pausar el tratamiento de 2 a 3 meses con el fin de disminuir la resorción total radicular
Nikolaos Pandis et al. (27)	Grado 1 leve Grado 2 moderada	Tiempo de tratamiento, duración y magnitud de la fuerza	La resorción de la raíz externa se da con más frecuencia en dientes anteriores superiores que los inferiores, siendo los más propensos los incisivos laterales maxilares
Henrik Lund et al. (26)		Uso de fuerzas ligeras e intermitente, duración del tratamiento y magnitud dela fuerza.	Los dientes más susceptibles a desarrollar reabsorción radículas son los incisivos superiores, destacando que el incisivo lateral superior es el más afectado frente a la reabsorción.
Jon Artun et al. (34)	Grado 1 leve Grado 2 moderada Gado 3 severa	Movimiento dental, morfología de la raíz, tiempo de tratamiento y terapia de extracciones	Alrededor del 5% de adultos y 2% de adolescentes es probable que tengas al menos 1 diente con reabsorción severa mayor a 5 mm en el tratamiento. Además existen reabsorciones mínimas mayor a 1 mm de reabsorción después de aproximadamente 6 meses y más de 2 mm de reabsorción después de 12 meses de tratamiento.

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Marina G. Roscoe et al. <sup>(20)</sup>		Aumento de la fuerza aplicada. Aumento en el tiempo de tratamiento	Algunos estudios sugieren que realizar una pausa en el tratamiento de ortodoncia, puede permitir que el cemento reabsorbido por el movimiento dental pueda sanar y así reducir la reabsorción
Jian-Hong Yu et al. <sup>(35)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada	Fuerzas ligeras, movimiento dental ortodóntico sobre todo en movimientos intrusivos	Uso de fuerzas ligeras para el movimiento dental ortodóntico sobre todo en movimientos intrusivos
Jianru Yi et al. <sup>(24)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa en pocos casos	Fuerzas intermitentes y continuas, fuerzas ligeras	Los incisivos son más frágiles a desarrollar reabsorción radicular. En pacientes con extracciones involucra la aplicación de fuerzas continuas para la movilidad ortodóntica, lo cual lleva a una reabsorción severa
Stephanie L et al. <sup>(23)</sup>		Susceptibilidad individual, morfología dientes, movimiento ortodóntico	aquellos dientes edodonciados no parecen ser más susceptibles a reabsorción radicular que los dientes vitales, por otra parte existe alguna evidencia de que los dientes con tratamiento de conductos tienen menos reabsorción radicular que los dientes vitales durante, esto se da debido a que la vascularización sanguínea juega un papel importante en la reabsorción radicular
Liviu Feller et al. <sup>(21)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa en pocos casos	Susceptibilidad individual, morfología de la raíz, morfología ósea alveolar, magnitud y tipo de fuerza.	Reabsorción en el momento del movimiento dental, cae recalcar que la reabsorción aumenta con la magnitud de la fuerza de ortodoncia y con fuerzas continuas.

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Nerissa Bartley et al. <sup>(41)</sup>	Grado 2 moderada Grado 3 severa	Movimiento dental de torque, tipo de fuerza aplicada	La reabsorción se evidencio a las 4 semanas de haber aplicado la fuerza con movimiento de torsión en la raíz, magnitudes de fuerza más elevadas, este movimiento pueden causar una reabsorción severa en la zona apical radicular
Ahu Topkara et al. <sup>(25)</sup>	Grado 2 moderada Grado 3 severa Grado 4 grave 1% al 5%	Susceptibilidad individual, factores sistémicos, retratamiento ortodóntico, fuerzas pesadas y continuas	Las fuerzas pesadas produjeron significativamente más resorción radicular en comparación con las fuerzas ligeras y que las fuerzas de compresión causan más reabsorción que las fuerzas de traslación, y los movimientos de intrusión de los dientes provoca aproximadamente cuatro veces más reabsorción de la raíz que la extrusión
Long D Tieu et al. <sup>(39)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada	Tratamiento con extracciones, tiempo de tratamiento, tipo de movimiento	Para corregir las maloclusiones de clase II subdivisión 1 provoca un aumento y severidad de la reabsorción de la raíz comparado con valores de pretratamiento cuanto más se desplazan la raíz de los incisivos y hay mayor tiempo de tratamiento

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Gracemia Vasconcelos Picanço et al. <sup>(42)</sup>	Grado 2 moderada Grado 3 severa	reabsorción antes del inicio del tratamiento, extracciones, longitud de la raíz reducida, relación corona / raíz disminuida y hueso alveolar delgado	Los dientes anteriores se ven más afectados por la reabsorción, probablemente porque tienen una sola raíz con raíces afiladas, que lleva la fuerza de ortodoncia directamente al ápice. Los casos tratados con extracción tienen una mayor probabilidad de presentar una reabsorción radicular severa en comparación con los pacientes tratados sin extracciones. La longitud corta de la raíz y la proporción corona / raíz al comienzo del tratamiento aumentan las posibilidades de desarrollar una reabsorción grave. Los pacientes con hueso alveolar cortical delgado tienen más probabilidades de desarrollar una reabsorción grave que los pacientes con buen grosor óseo.
Kelly Chiqueto et al. <sup>(43)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada	Magnitud y tipo de fuerza, movimiento dental, fuerzas intrusivas	Los pacientes tratados con la mecánica de intrusión tuvieron estadísticamente mayor resorción de la raíz, también se encontró mayor resorción en los dientes que tienen la intrusión que en dientes sin ella. Sin embargo, en este estudio, ambos grupos tenían puntuaciones de reabsorción radicular entre 1 y 2. Fuerzas de intrusión causan estrés principalmente en el ápice de la raíz; esto a su vez da como resultado la resorción apical.
Caroline Pelagio Raick Maués et al. <sup>(44)</sup>	Grado 1 Grado 2 moderada Grado 3 severa	Tratamiento con o sin extracciones, duración del tratamiento (más de 3 años), etapa de ápice (abierta o cerrada), forma de la raíz, overjet aumentado y exceso de mordida al inicio del tratamiento,	Los movimientos de intrusión y retracción dentaria con torsión de la raíz lingual, requeridos para reducir el overjet y para cerrar los espacios de extracción, también podrían causar mayor reabsorción radicular. El tiempo de tratamiento se correlacionó significativamente con la reabsorción. También se encontró que los dientes con una formación completa de raíces al iniciar del tratamiento tienen más probabilidades de desarrollar reabsorción grave y dientes con formación incompleta de raíces al iniciar el tratamiento siguen desarrollando sus raíces durante la terapia.

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Iury O. Castro et al. <sup>(45)</sup>	Grado 2 moderada Grado 3 severa	Movimientos intrusivos y rotatorios, el tipo de fuerza y la forma de la raíz	Las frecuencias más se produjeron en incisivos y raíces distales de los primeros molares superiores e inferiores. La tomografía computarizada cone beam es eficiente para detectar in vivo incluso grados mínimos de reabsorción y permitió la evaluación tridimensional de las raíces palatinas de los molares maxilares.
Kamonporn Nanekrungsan et al. <sup>(46)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa	Forma de las raíces dilaceradas o puntiagudas, casos de extracción premolar maxilar y el tiempo de tratamiento, la edad, overjet aumentado e historia de traumatismo dental	Los IL superiores demostraron características de formas de raíces anormales o raíces estrechas por lo que son susceptibles a desarrollar reabsorción de la raíz apical, además, las raíces dilaceradas serían más propensas a ser reabsorbidas, ya que se aplicaría ortodonciamente más fuerza para mover o torcer la raíz
Marcio Jose da Silva Campos et al. <sup>(47)</sup>	Grado 0 sin reabsorción Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa	Alteraciones morfológicas de la raíz, historia de traumatismo, tiempo de tratamiento	La aplicación de fuerzas ligeras e intermitentes ayuda para minimizar la reabsorción y una pausa de 2 a 3 meses en el tratamiento ortodóntico ayuda a q la reabsorción no progrese.
Iken Kocadereli et al. <sup>(48)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada	Tipo de movimiento, magnitud de la fuerza ortodóntica, duración y tipo de fuerza	Se puede detectar reabsorción al inicio del tratamiento en los incisivos maxilares y parece estar relacionada con el tiempo de tratamiento, a su vez también parece que la reabsorción depende del tiempo y la fuerza, lo que se recomienda aplicar fuerzas ligeras y control radiográfico de 3 meses
Collin Jacobs et al. <sup>(49)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa Grado 4 grave del 1% al 5% de los casos	Duración del tratamiento, el nivel de fuerza aplicada, reabsorción radicular idiopático antes del tratamiento, el tipo de movimiento.	Los dientes más afectados por la reabsorción son los incisivos superiores e inferiores que indican que los factores mecánicos esta relacionados con la reabsorción, por las superficies de raíz más pequeñas. Para evaluar la aparición de reabsorción radicular grave con una relevancia estadística, se necesita una gran cantidad de pacientes debido a la rara aparición.

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Alberto Consolaro, Laurindo Zanco Furquim <sup>(38)</sup>		Movimiento dental, duración del tratamiento y morfología de las raíces	La resorción inducida por ortodoncia se controla si se elimina la fuerza: después de siete días, no habrá más clastos, y después de cuatro a cinco semanas, toda la superficie de la raíz se restaurará con nuevas fibras de cemento y periodontales. Por otro lado la eliminación de la pulpa en el tratamiento endodóntico no afecta la velocidad de reabsorción dental externa. La reabsorción de la raíz se logra por el ligamento periodontal, no por la pulpa dental. El tratamiento endodóntico es inútil en estas situaciones. Después de seis semanas, se restablece la estabilidad de la longitud del diente.
Vanessa C. Jimenez Montenegro et al. <sup>(50)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada	Duración del tratamiento, extensión del movimiento del diente, la magnitud aplicada al diente	Se observó mayor reabsorción radicular después de fuerzas extrusivas pesadas cuando se comparó con fuerzas ligeras. Se observó una mayor reabsorción radicular después de fuerzas extrusivas pesadas cuando se comparó con fuerzas ligeras.
Edina Eross et al. <sup>(51)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa	Duración de la fuerza, tipo de movimiento de los dientes, la edad del paciente, trauma previo, y forma de la raíz.	Realizar pausas en el tratamiento ortodóntico con el fin de frenar la reabsorción y que no avance a una reabsorción grave o extrema, las fuerzas ligeras de movimiento dieron como resultado menor reabsorción que las fuerzas de movimiento pesado.
Vanessa Leite et al. <sup>(31)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa en pocos casos	Predisposición individual, movimiento ortodóntico, tipo de brackets, la mecánica utilizada	Reabsorción detectable a los 6 meses de tratamiento son propensos a desarrollar reabsorción. Por tanto, pacientes que están bajo el riesgo de reabsorción radicular deben identificarse en forma temprana, y es por esto que es recomendable realizar exámenes radiográficos seis meses después del tratamiento correctivo.

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Cristina Teodora Preoteasa et al. <sup>(52)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa en pocos casos	Tratamiento con extracciones, el tipo de movimiento de los dientes, algunas fuerzas de ortodoncia características como el tamaño, la continuidad, la dirección, etc.)	Los dientes anteriores mandibulares mostraron una mayor reabsorción. El diente con mayor reabsorción fue evidente en el incisivo lateral superior, a continuación, en el incisivo central, y la más baja en el canino. Los casos tratados con aparatos removibles no se encontró reabsorción radicular en las radiografías, y los tratados con aparatos fijos se encontraron casos con reabsorción radicular.
Rajae Elhaddaoui et al. <sup>(53)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa Grado 4 grave del 1% al 5%	Duración del tratamiento, morfología de las raíces, tipo de movimiento dental	En maloclusión que no requieren extracciones, el tratamiento con alineador ortodóntico posiblemente se asocie con una menor incidencia de reabsorción que el tratamiento de soporte múltiple fijo. La resorción es mayor con el tiempo de tratamiento. Una vez detectada la resorción debe ser sometido a la vigilancia radiológica regular y medidas terapéuticas preventivas, como pausar de 2 a 3 meses el tratamiento.
Aikaterini Samandara et al. <sup>(54)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada		La mayor cantidad de OIRR se observó para el incisivo central (0,82 mm), seguido por el incisivo lateral (0,72 mm), el canino (0,37 mm), el primer premolar (0,29mm), y por último el primer molar permanente (0,26 mm).
Leandro Silva Marques et al. <sup>(55)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa Grado 4 grave del 1% al 5%	Predisposición individual, tipo de fuerza, forma de las raíces, extracciones de piezas dentales, y el tiempo de tratamiento activo	Se observó una alta prevalencia de reabsorción radicular grave en pacientes tratados con el método de borde. Los principales factores directamente involucrados en la reabsorción grave fueron la extracción de los primeros premolares, las raíces en forma de triángulo y la reabsorción de la raíz antes del tratamiento. La mayoría de los estudios coinciden en que los pacientes que tienen extracciones durante el tratamiento de ortodoncia tienen mayores posibilidades de reabsorción severa

<b>Autor</b>	<b>Grado de reabsorción reportada</b>	<b>Factores implicados en la reabsorción radicular</b>	<b>Información adicional</b>
Dimitrios Makedonas et al. <sup>(56)</sup>	Grado 1 leve Grado 2 moderada Grado 3 severa	Forma de la raíz, dientes traumatizados, cantidad de movimiento.	Seis meses después del tratamiento, se diagnosticó una reabsorción clínicamente significativa en el 4% de los pacientes, es decir, en el 96% de los pacientes, el examen radiográfico no reveló ninguna información significativa. El contorno de la raíz irregular (Grado 1) se observó en la mayoría de los dientes antes del tratamiento activo. Se observó una reabsorción menor (Grado 2) en 10 pacientes y Grado 3 se encontró en cuatro pacientes. Ningún diente mostró Grado 4.
L. Y. Sharab et al. <sup>(57)</sup>	Grado 2 moderada Grado 3 severa Grado 4 grave	La magnitud de la fuerza ortodóntica, la duración de la fuerza aplicada, la dirección de la fuerza, las raíces dilaceradas, el historial de traumatismo, la edad, extracciones del premolares superiores, el sexo y el tiempo de tratamiento	La duración del tratamiento fue la variable más grande que influyó en la aparición de resorción en la población estudiada donde el tiempo de tratamiento más largos aumentaron la probabilidad de resorción. Los estudios han indicado que las dos terceras partes de la variación clínica en reabsorción radicular apical externa están relacionadas con la variación genética en pacientes de ortodoncia. Sin embargo, la determinación de estos factores genéticos es incompleta, lo que requiere que los estudios incluyan más factores genéticos y clínicos.
J. M. Llamas-Carreras et al. <sup>(37)</sup>	Grado 2 moderada Grado 3 severa	Movimiento de los dientes, forma de las raíces, movimiento intrusivo, el tipo de movimiento, magnitud de la fuerza de ortodoncia, tiempo de tratamiento	No hubo diferencias significativas en la cantidad o la gravedad de la reabsorción externa de la raíz durante el movimiento ortodóntico entre los dientes con tratamiento endodóntico y dientes con pulpas vitales. Los dientes con raíces romas o en forma de pipeta de los incisivos centrales superiores estaban en mayor riesgo de reabsorción radicular externa que los dientes con forma de raíz normal.

Elaborado por: Fredy Velasteguí  
Fuente: Tabla de meta-análisis de caracterización por artículos

### **3.3.2 Reabsorción radicular inflamatoria**

Se mantienen mediante mediadores inflamatorios que estimulan las UMO (unidades multicelulares óseas), donde las células clásticas reabsorben gradualmente la superficie de la dentina sin cementoblastos ni odontoblastos, que se eliminan como consecuencia del proceso de resorción. El principio terapéutico de estas reabsorciones dentales se basa en la identificación y eliminación de su causa, por lo tanto, el proceso de reabsorción evolucionará a la fase de reparación. <sup>(58)</sup> En el proceso de reabsorción, el espacio periodontal y el ligamento permanecen inflamados y actúan como la fuente de mediadores para que las células reabsorban el tejido radicular mineralizado. Los principales factores que desarrollan reabsorción radicular inflamatoria es el movimiento ortodóntico, la periodontitis periapical y el traumatismo dental. <sup>(38)</sup>

Desde un punto de vista celular, la causa del proceso inflamatorio periodontal conduce a la muerte de los cementoblastos locales, aunque se preserva la vitalidad del ligamento periodontal y también los restos epiteliales de Malassez, la estructura responsable de mantener el espacio periodontal uniforme, evitando la anquilosis alveolodental. El tratamiento ortodóntico da lugar al desarrollo de reabsorción inflamatoria. <sup>(38)</sup>

### **3.3.3 Etiología**

La etiología de la reabsorción radicular externa es multifactorial. Los factores causales pueden ser de origen biológico o mecánico y pueden actuar de forma individual o sinérgica. Algunos factores mecánicos incluyen: magnitud y duración de fuerza aplicada, tiempo de tratamiento, tipo de movimiento que se aplica al diente, tratamiento ortodóntico que requiere de extracciones dentarias y tipo de aparato ortodóntico utilizado. Estos factores mecánicos son controlados en cierta medida por el ortodoncista o el paciente, o ambos. Los factores biológicos, sin embargo, no son controlados por el profesional, debido a que están relacionados con el paciente, dichos factores incluyen: susceptibilidad individual, género, edad, traumas dentales, morfología de la raíz dental y mala oclusión. <sup>(17)(54)(25)(28)</sup>

### **3.3.4 Factores de riesgo**

#### **3.3.4.1 Susceptibilidad individual**

La susceptibilidad individual se considera un factor importante en determinar la existencia de reabsorción radicular con o sin tratamiento ortodóntico. Por lo que recientemente, la aplicación de los métodos de biología molecular ha apoyado la hipótesis de que, aparte de los factores mecánicos, la susceptibilidad o resistencia a la reabsorción radicular es un rasgo genéticamente influenciado en el desarrollo de dicho efecto, así como también puede existir diferencias de reabsorción radicular de un individuo a otro cuando son sometidos a un mismo tipo de tratamiento ortodóntico. <sup>(59)</sup>

#### **3.3.4.2 Genero del paciente**

La literatura no es concluyente sobre los efectos del género sobre la reabsorción radicular. Muchos estudios no han encontrado ninguna relación significativa entre el género y la reabsorción radicular inducida por ortodoncia. Mientras que pocos han identificado que las personas de sexo femenino son más susceptibles a desarrollar reabsorción de la raíz. <sup>(23)</sup>

#### **3.3.4.3 Edad**

La edad influencia en que las personas más jóvenes mostraron mayor desplazamiento de los dientes en comparación con pacientes de mayor edad, este desplazamiento se da a que el ligamento periodontal es menos celular en adultos que en jóvenes, debido a esto existe menos aplicación en la magnitud de fuerza durante los movimientos ortodónticos y por ende va a existir menos reabsorción radicular externa en jóvenes que en adultos. <sup>(60)</sup>

En los adultos, el ligamento periodontal es menos vascularizado, aplástico y estrecho; el hueso se torna más denso, avascular y aplástico, lo que implicaría mayor aplicación de fuerza para incitar al movimiento dentario y mayor tiempo de tratamiento. Estos cambios fisiológicos podrían explicar la mayor susceptibilidad en el acortamiento de la longitud de la raíz en el tratamiento ortodóntico. <sup>(44)</sup> Los pacientes mayores tienden a tener una reabsorción radicular significativa después del tratamiento de ortodoncia. <sup>(61)</sup>

#### **3.3.4.4 Morfología de la raíz dentaria**

Los dientes anteriores se ven más afectados por la reabsorción radicular, probablemente porque tienen una sola raíz con raíces afiladas, lo que conduce la aplicación fuerza ortodóntica directamente al ápice. <sup>(42)</sup> Especialmente los incisivos superiores a menudo se consideran como los más propensos frente a la reabsorción radicular debido a su morfología radicular que se presenta de forma roma o en forma de botella. <sup>(39)</sup>

Existe mayor reabsorción radicular en los incisivos laterales que en los incisivos centrales superiores. En lo que se refiere a la morfología de la raíz, los incisivos laterales superiores demostraron los porcentajes más altos de formas de raíces anormales o raíces estrechas, siendo más susceptibles a la reabsorción radicular, además, las raíces dilaceradas serían más propensas a ser reabsorbidas, ya que se aplicaría más fuerza ortodóntica para mover o torcer la raíz. <sup>(46)</sup> Además la reabsorción radicular en los incisivos superiores se puede detectar en la fase inicial del tratamiento ortodóntico. <sup>(48)</sup>

#### **3.3.4.5 Traumatismo dental**

El trauma dental es una de las causas principales de reabsorción dental que puede provocar la pérdida del diente. Aunque, desde un punto de vista epidemiológico, la pérdida de dientes no es producto de la reabsorción radicular inducida por el tratamiento ortodóntico. <sup>(38)</sup>

#### **3.3.4.6 Mala oclusión**

Overjet se asoció significativamente con el acortamiento de la raíz en los incisivos maxilares. Mayor resalte era un potente predictor de la reabsorción radicular. Esta conclusión concuerda con los hallazgos de varios autores quien cree que el resalte podría considerarse como un elemento en la aparición de reabsorción radicular. La explicación era que la corrección de gran sobremordida horizontal requiere de tratamiento con aparato fijo, en el que los dientes anteriores son trasladados largas distancias para disminuir la protrusión maxilar anterior y el par activo con el alambre rectangular también fue necesario. Por tanto, existe una relación entre la reabsorción radicular y el movimiento de los dientes cuando son movidos a través de largas distancias. <sup>(46)</sup>

### **3.3.4.7 Tipo de aparato ortodóntico**

En tratamientos con aparatos ortodónticos removibles no se ha evidenciado reabsorción radicular mediante radiografías. Por el contrario, en tratamientos con aparatos fijos se encontró casos con reabsorción radicular. <sup>(52)(40)</sup> Con respecto al diseño de los brackets (autoligado pasivo o preajustado convencional) parece no influir en el grado de reabsorción radicular externa. <sup>(31)</sup>

### **3.3.4.8 Tipo de movimiento**

Los movimientos de ortodoncia, como la intrusión, inclinación y torsión o torque, tienden a causar reabsorción radicular, ya que la superficie de la raíz se comprime directamente contra el hueso alveolar. <sup>(17)</sup> Además, también se dice que los movimientos intrusivos causa aproximadamente cuatro veces más reabsorción radicular que los movimientos extrusivos, Aunque, también se debe tomar en cuenta que la extrusión de los dientes puede causar reabsorción radicular en personas susceptibles, pero son menos agresivo que la intrusión. <sup>(62)(25)(50)(42)</sup>

Otras investigaciones manifiestan que la intrusión con el movimiento de torsión lingual aumenta el riesgo de producir reabsorción radicular, a su vez, los movimientos de rotación con fuerzas pesadas causan más reabsorción radicular que las fuerzas ligeras con el mismo movimiento. <sup>(42)(17)</sup>

En cuanto al movimiento de torque se ha descrito como un causante de reabsorción radicular. Se ha observado evidencia de reabsorción radicular en la región apical, a las 4 semanas después de haber sido aplicado dicho movimiento en radiografías convencionales, probablemente porque toda la fuerza aplicada en este movimiento se dirige hacia la región apical, ya que es más blanda y menos mineralizada, y contiene menos fibras de Sharpey, también porque bajo este tipo de movimiento las fibras de ligamento periodontal se encuentran comprimidas en la región apical. <sup>(41)</sup>

### **3.3.4.9 Tiempo del tratamiento**

El tiempo del tratamiento se correlacionó significativamente con el acortamiento de la raíz. El tratamiento ortodóntico a largo plazo aumenta la gravedad de la reabsorción radicular, cuanto más larga sea la duración, más severa será la reabsorción. <sup>(29)(61)(63)</sup> Existe un alto riesgo de reabsorción radicular si se observa reabsorción dentro de los 6 a 9 meses desde el comienzo del tratamiento. <sup>(21)</sup>

Un estudio realizó comparaciones de reabsorción radicular durante periodos de tratamiento ortodóntico de 1, 2 y 3 años de tratamiento, en donde se comprobó que existen diferencias significativas de reabsorción según la duración de tratamiento, por lo que se presume que existe 0,38 mm de reabsorción durante cada año de tratamiento ortodóntico. <sup>(46)</sup> Por otra parte puede influenciar ciertos factores de confusión, tales como, tratamiento ortodóntico más complejo, intervalos de citas y falta de colaboración del paciente, los cuales de alguna manera prolongan el tiempo de tratamiento, y de la misma manera se relacionan con el aumento progresivo de la reabsorción radicular. <sup>(44)</sup>

### **3.3.4.10 Magnitud de la fuerza**

La aplicación de fuerzas ligeras comparadas con fuerzas pesadas, causan menos reabsorción radicular, por lo que se ha demostrado que las fuerzas pesadas producen significativamente más reabsorción de la raíz que las fuerzas ligeras y que las fuerzas de compresión producen más reabsorción que las fuerzas de tracción. <sup>(25)(51)(53)</sup> Con respecto a la densidad del hueso y magnitud de la fuerza, se dice que mientras más denso sea el hueso mayor será la magnitud de fuerza aplicada al diente, lo que conlleva a una mayor reabsorción radicular. <sup>(59)</sup>

### **3.3.4.11 Duración de la fuerza**

La fuerza intermitente produce menos reabsorción radicular que la fuerza continua. La reabsorción de la raíz disminuye independientemente del momento de la reactivación, cuando se da una pausa, por lo tanto, la reabsorción radicular cesa al final del tratamiento. Por otra parte, la reactivación de la fuerza podría tener una importancia crítica en las aplicaciones de fuerza continua, ya que 2 reactivaciones semanales producen un movimiento dental más rápido con una reabsorción radicular similar a la fuerza intermitente. Sin embargo existe un riesgo que la

reabsorción de la raíz aumente con la magnitud de fuerza aplicada junto con las fuerzas continuas. <sup>(18)(21)</sup> En comparación con la fuerza continua, la activación ortodóntica intermitente podría ser un método seguro para prevenir una reabsorción significativa de la raíz. Este régimen de fuerza, sin embargo, podría comprometer la eficiencia del movimiento de los dientes. <sup>(33)</sup>

#### **3.3.4.12 Tratamiento con extracciones**

En un tratamiento con extracciones existe mayor desplazamiento dentario debido al cierre de espacios que se logra mediante el movimiento dental ortodóntico, es así que, mientras mayor movimiento dental, mayor reabsorción radicular existe. <sup>(59)</sup> Varias investigaciones coinciden en que el tratamiento ortodóntico con extracciones dentarias, son más propensos a desarrollar una reabsorción severa, ya que la retracción en masa de los dientes provoca un mayor movimiento a nivel apical, dando lugar a un tratamiento más prolongado, es por eso que las extracciones dentales están relacionadas significativamente con la reabsorción radicular. <sup>(55)(42)(29)(61)</sup>

#### **3.3.5 Ortodoncia y endodoncia**

El tejido de la pulpa puede dañarse por un traumatismo debido al movimiento dental ortodóntico. Dado que los vasos pulpares son ramas de los vasos óseos alveolares, las fuerzas pesadas de ortodoncia pueden dañar los vasos apicales, y una fuerza basculante puede estirar el vaso apical y provocar una alteración pulpar, como una necrosis y que posteriormente provocaría a un tratamiento endodóntico. También se informó que las alteraciones pulpares son causadas por la disminución del flujo sanguíneo si aplican fuerzas de inflexión ortodónticas ligeras y continuas. <sup>(58)</sup>

##### **3.3.5.1 Reabsorción radicular externa en dientes con tratamiento de conducto**

La reabsorción radicular producida por el tratamiento ortodóntico es la misma en dientes vitales como en dientes con tratamiento de endodoncia. Sin embargo un estudio encontró que los incisivos con pulpas vitales se reabsorben en un grado significativamente mayor que los incisivos con tratamiento de conducto. Por lo tanto, existe una cantidad menor de reabsorción en dientes con tratamiento de endodoncia, pero también se encontró que estos dientes tiene una mayor pérdida de cemento después del movimiento ortodóntico, en comparación con los dientes vitales, pero sin diferencias significativas en el acortamiento de la longitud de la raíz. <sup>(37)(58)</sup>

Existe una hipótesis de porque los dientes con tratamiento de endodoncia desarrollan menor reabsorción que los dientes vitales, y es que los neuropéptidos pulpaes pueden estar implicados en la reabsorción radicular, debido a que la disminución de la vascularización y las células transmitidas por la sangre en los dientes no vitales puede resultar en una reabsorción menor que en los dientes vitales. El hidróxido de calcio es considerado como un factor de reducción en la reabsorción radicular en los dientes no vitales con tratamiento de endodoncia. <sup>(58)(23)</sup>

La posible complicación de reabsorción de la raíz en piezas dentales con tratamiento de conductos puede no ser una consideración importante en la planificación del tratamiento ortodóntico, y puede considerarse el tratamiento del conducto radicular para detener o disminuir la reabsorción radicular externa cuando se produce una reabsorción grave en el tratamiento ortodóntico. <sup>(58)</sup>

### 3.3.6 Clasificación de la reabsorción radicular

Varios estudios utilizan la clasificación de Levander y Malmgren que es un sistema de puntuación para evaluar la cantidad de reabsorción radicular existente, clasificándolo por Grados de reabsorción y siendo la más utilizada por diversos estudios debido a que posee una caracterización más completa. Esta clasificación describe la reabsorción en 5 grados <sup>(44)(43)(55)(59)(57)(49)</sup>.

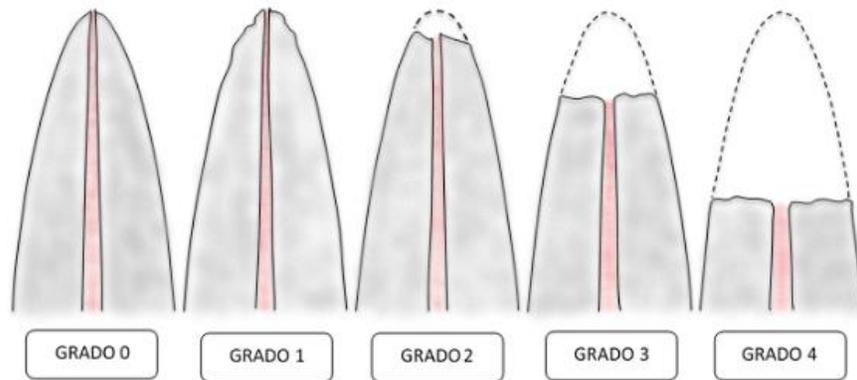
**Tabla Nro. 4.** Sistema de puntuación de Levander y Malmgren

<b>GRADO 0</b>	<b>GRADO 1</b>	<b>GRADO 2</b>	<b>GRADO 3</b>	<b>GRADO 4</b>
No existe reabsorción de la raíz	Reabsorción leve: longitud radicular normal y contorno irregular	Reabsorción moderada: pequeña área de la raíz pérdida menor a 2mm de la longitud original de la raíz.	Reabsorción severa: reabsorción de 2 mm a 1/3 de la longitud original de la raíz.	Reabsorción extrema o grave: reabsorción que excede 1/3 de la longitud original de la raíz.

Elaborado por: Fredy Velasteguí

Adaptado de: Chiqueto K, Martins DR, Janson G. Effects of accentuated and reversed curve of Spee on apical root resorption. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2008;133(2):261–8

**Gráfico Nro. 14.** Grados de la resorción radicular externa en base a Levander y Malmgren



Elaborado por: Fredy Velasteguí

Adaptado de: Maués CPR, Nascimento RR do, Vilella O de V. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. Dental Press J Orthod. 2015;20(1):52–8.

### 3.3.7 Métodos diagnósticos para detectar la reabsorción radicular

Para el diagnóstico de la reabsorción radicular producidas por el tratamiento ortodóntico se han utilizado con más frecuencia las radiografías convencionales tanto periapicales como panorámicas. Pero últimamente se han usado otras alternativas como métodos diagnósticos con el fin de detectar la resorción de la raíz durante el tratamiento ortodóntico, siendo la de mayor relevancia, la tomografía computarizada cone beam, debido a que brinda una imagen tridimensional de alta resolución, en comparación con otras radiografías que ofrecen una imagen bidimensional.

#### 3.3.7.1 Radiografías

Las radiografías periapicales y panorámicas se pueden usar para evaluar la reabsorción radicular. Las películas periapicales son superiores a las imágenes panorámicas ya que hay menos distorsión de imagen y mayor resolución de detalles finos. Se ha encontrado que las imágenes panorámicas sobreestiman y subestiman la cantidad de pérdida de raíz después del movimiento ortodóntico. Sin embargo, las imágenes panorámicas se utilizan de forma rutinaria para los registros de ortodoncia, y están fácilmente disponibles y para el análisis retrospectivo.

(23)(41)

Las radiografías periapicales han sido de vital importancia para evaluar la cantidad de reabsorción radicular, debido a que es el mejor método para su evaluación en comparación de las radiografías panorámicas. Sin embargo, se deben utilizar las radiografías periapicales utilizando el técnica en paralelo. Además la obtención exámenes radiográficos después de 6 a 12 meses de iniciado el tratamiento, pueden ayudar a detectar la reabsorción inicial de la raíz, y si se identifica la reabsorción, una pausa de dos a tres meses en el tratamiento puede evitar el avance de la misma. <sup>(46)(25)(39)</sup>

### **3.3.7.2 Tomografía computarizada cone-beam**

Este tipo de tomografía es eficaz para detectar incluso grados mínimos de resorción de la raíz debido al tratamiento ortodóntico y además permite una visualización tridimensional de las raíces dentales, así como también de las raíces palatinas de los molares maxilares. Por otro lado las radiografías panorámicas sobreestiman la resorción de la raíz en un 20% en comparación con las radiografías periapicales, pero también pueden subestimar la resorción, en comparación con la tomografía computarizada, debido a esto, la tomografía cone beam proporcionan imágenes tridimensionales de las estructuras dentales, siendo más precisas que las radiografías. <sup>(49)(45)(67)</sup> La tomografía computarizada cone beam ayuda a evaluar el alcance real de alguna lesión presente en las estructuras dentales, así como también se considera uno de los métodos más precisos en su evaluación. <sup>(47)(36)</sup>

Por otro lado una desventaja de la tomografía computarizada cone beam es una mayor dosis de radiación en comparación con las radiografías convencionales como periapicales y panorámicas, que podría compararse a una radiación similar a ocho radiografías panorámicas. Sin embargo, la tomografía computarizada cone beam es una herramienta invaluable en la investigación de ortodoncia debido a que ayuda en el diagnostico prematuro de la reabsorción radicular. <sup>(31)(56)(68)</sup>

### 3.4 Discusión

En base a evidencias científicas reportadas en la literatura, se define a la reabsorción de la raíz como un efecto secundario indeseable del tratamiento ortodóntico que tiene como consecuencia la pérdida irreversible de la longitud de la raíz. Varios estudios como, Jianru Yi <sup>(24)</sup>, Henrik Lund <sup>(26)</sup>, Liviu Feller <sup>(21)</sup>, Long D Tieu <sup>(39)</sup> y Yun Ju Lee <sup>(58)</sup>, muestran que más del 90% de pacientes que reciben tratamiento de ortodoncia, son propensos a desarrollar reabsorción radicular durante y después del tratamiento ortodóntico. Ciertos estudios como Marina G <sup>(20)</sup>, Nikolaos Pandis <sup>(27)</sup>, Jian-Hong Yu <sup>(35)</sup> y Long D Tieu <sup>(39)</sup>, muestran una reabsorción leve a moderada que es menor a 2 mm y se encuentra entre el 48% y 66% de los casos con tratamiento ortodóntico, mientras que Nerissa Bartley <sup>(41)</sup>, Iury O. Castro <sup>(45)</sup> y J. M. Llamas-Carreras <sup>(37)</sup>, encontraron la existencia de reabsorciones mayores a 2 mm hasta 1/3 de la longitud radicular, considerada como reabsorción severa, por otra parte, Ahu Topkara <sup>(25)</sup>, Rajae Elhaddaoui <sup>(53)</sup> y Leandro Silva Marques <sup>(55)</sup>, manifiestan que en raras ocasiones el 1% y 5% de casos puede presentar una reabsorción grave mayor a 4 mm o un tercio de la longitud de la raíz. De manera que los grados de reabsorción más frecuentes se encuentran entre, Grado 1 (Leve) y Grado 2 (Moderada) y en pocos casos puede existir una reabsorción Grado 4 (Grave).

Otros investigaciones como las de Jon Ártun <sup>(34)</sup> y Tom Wierzbicki <sup>(32)</sup>, mencionan que aproximadamente el 5% de los adultos y el 2% de los adolescentes es probable que tengan al menos un diente que se reabsorbe más de 5 mm durante el tratamiento ortodóntico. Otro aspecto encontrado es que existen reabsorciones mínimas con más de 1 mm de resorción de la raíz después de aproximadamente 6 meses de tratamiento y más de 2 mm de resorción después de 12 meses de tratamiento ortodóntico. Por lo tanto los pacientes con tratamiento de ortodoncia que desarrollan reabsorción de la raíz, en la etapa inicial a 6 meses de tratamiento, son más propensos a tener resorción de la raíz después de este periodo. <sup>(31)(32)</sup>

En cuanto a su etiología, la reabsorción radicular externa inducida por el tratamiento ortodóntico, se dice que es multifactorial, donde existen factores de riesgo de origen biológico que son los que se encuentran relacionados directamente con el paciente, tales como, la edad, el género, antecedentes de trauma dental, morfología de la raíz, y la más importante, la susceptibilidad individual interfiere entre los factores biológicos del paciente, y los factores de origen mecánico, es decir los que están relacionados con el tratamiento ortodóntico, así como:

tipo de movimiento ortodóntico, tiempo del tratamiento, magnitud y duración de fuerza que se aplica al diente, y el tratamiento ortodóntico con extracciones, siendo estos los que están relacionados en su mayoría con la resorción de la raíz. Además ciertos factores son controlados por parte del especialista a fin de modificarlos y disminuir en lo posible el progreso de la reabsorción radicular. <sup>(25)(17)(41)</sup>

Dentro de los factores biológicos, Alexander Dudic <sup>(63)</sup> manifiesta que la edad tiene una influencia en la existencia de la reabsorción radicular, debido a que los pacientes más jóvenes mostraron mayor cantidad de desplazamiento de los dientes en comparación con pacientes de mayor edad, asumiendo que el estudio se dio en pacientes con una edad de 11.3 a 43.0 años, este desplazamiento se da debido a que el ligamento periodontal es menos celular en adultos que en jóvenes, por lo que va a existir menos aplicación de fuerza y menos reabsorción radicular, recalando así que los pacientes de mayor edad son más susceptibles a desarrollar reabsorción radicular que los pacientes jóvenes, recalca además que el efecto de la edad sobre la respuesta de los tejidos a la fuerza de ortodoncia ha sido objeto de muchas investigaciones. Caroline Pelagio Raick Maués <sup>(44)</sup>, añade que en el adulto el ligamento periodontal es menos vascularizado y el hueso más denso, y eso implica una mayor aplicación de fuerza ortodóntica, así como también mayor duración en el tratamiento, provocando una mayor reabsorción radicular en el adulto. En definitiva, existe una relación entre la reabsorción radicular y la edad del paciente.

En relación a la morfología de las raíces, Gracemia Vasconcelos Picanço <sup>(42)</sup> y Long D Tieu <sup>(39)</sup> deducen que son más susceptibles a desarrollar reabsorción radicular las formas de raíces dilaceradas, puntiagudas o en forma de botella, ya que la fuerza aplicada va directamente al ápice, Kamonporn Nanekrunsan <sup>(46)</sup> añade que las raíces dilaceradas son más susceptibles a ser reabsorbidas, ya que se aplica ortodónticamente mayor fuerza para mover o torcer la raíz. Esta forma de raíces comúnmente la encontramos en los incisivos superiores e inferiores. En cuanto al género existen pocos estudios que demuestran que las mujeres son susceptibles a tener reabsorción radicular.

En cuanto al tipo de dientes más afectados, los estudios de Nikolaos Pandis <sup>(27)</sup>, Henrik Lund <sup>(26)</sup>, Jianru Yi <sup>(24)</sup> y Cristina Teodora Preoteasa <sup>(52)</sup>, encontraron una mayor frecuencia de reabsorción radicular en incisivos maxilares y mandibulares, recalando que los incisivos

maxilares son más susceptibles a desarrollar resorción de la raíz, siendo los más afectados los incisivos laterales maxilares, seguido de los incisivos centrales y por último los caninos, además Iury O. Castro <sup>(45)</sup> encuentra reabsorción radicular aparte de los incisivos en raíces distales de los primeros molares superiores e inferiores. Sin embargo, la mayoría de autores concuerdan que los incisivos maxilares son más susceptibles a la reabsorción radicular, en especial los incisivos laterales maxilares.

En relación a los factores mecánicos que están relacionados con el tratamiento ortodóntico Nerissa Bartley <sup>(41)</sup> menciona que se evidenció reabsorción radicular después de 4 semanas de aplicación de fuerza con movimiento de torsión, además manifiesta que magnitudes de fuerza más elevadas en este tipo de movimiento pueden causar una reabsorción severa, Andy TJ Wu <sup>(17)</sup> deduce que los movimientos que tiene mayor relación con el desarrollo de reabsorción radicular externa son los movimientos de intrusión, inclinación y torque, debido a que las zonas donde más se encuentra comprimido el ligamento periodontal es en la región apical de la raíz lo que le hace vulnerable a la reabsorción radicular. Mientras que Kelly Chiqueto <sup>(43)</sup>, Ahu Topkara <sup>(25)</sup> y Fabio Savoldi <sup>(65)</sup> manifiestan que pacientes tratados con mecánica intrusiva tienen mayor reabsorción radicular, por lo que es considerado el movimiento más agresivo y concuerdan que este tipo de movimiento causa 4 veces más reabsorción que otros movimientos. Caroline Pelagio Raick Maués <sup>(44)</sup> también menciona que los movimientos de intrusión y retracción de los dientes anteriores con torsión de la raíz lingual, requeridos para reducir el overjet y para cerrar los espacios de extracción, también podrían causar mayor reabsorción radicular. Por lo tanto, existe una relación entre los movimientos intrusivos, de torsión, inclinación y retracción con la reabsorción radicular externa.

En cuanto a la duración del tratamiento, Ruo-ping Jiang J.P. <sup>(64)</sup> y L. Y. Sharab <sup>(57)</sup> deducen que se relaciona con la reabsorción radicular externa, debido a que mientras más largo sea el tratamiento ortodóntico mayor será la reabsorción radicular. Un estudio realizado por Kamonporn Nanekrunsan <sup>(46)</sup>, con tratamientos ortodónticos de 1, 2 y 3 años de duración, manifiesta que existen diferencias de reabsorción radicular externa según la duración de tratamiento, concluyendo que puede existir 0,38 mm de reabsorción radicular por cada año de tratamiento ortodóntico. Pero, Caroline Pelagio Raick Maués <sup>(44)</sup> además menciona que la duración del tratamiento puede estar influenciado por varios factores, como la edad del paciente,

tratamientos ortodónticos más complejos, tratamiento con extracciones dentarias, intervalos de citas y falta de cooperación del paciente, lo cual puede aumentar el tiempo o la duración del tratamiento. Sin embargo, la duración del tratamiento ortodóntico está vinculado con la reabsorción radicular externa, independientemente de cual sea el factor que determine la duración de dicho tratamiento.

En relación con los tratamientos con extracciones dentarias, Jianru Yi <sup>(24)</sup>, Gracemia Vasconcelos Picanço <sup>(42)</sup> y Masahide Motokawa <sup>(66)</sup>, manifiestan que los pacientes con este tipo de tratamiento son más propensos a desarrollar reabsorción radicular durante el tratamiento ortodóntico, y que existe cierta influencia sobre la duración del tratamiento, ya que se necesita mayor desplazamiento y mayor movimiento dental ortodóntico. Además Ruo-ping Jiang <sup>(64)</sup>, también menciona que los tratamientos con extracciones se encuentra relacionada con el tiempo de tratamiento y la reabsorción radicular, debido a que los casos con extracción dentaria tiene una duración más prolongada del tratamiento ortodóntico, induciendo a una mayor reabsorción radicular. Sin embargo, el mismo estudio considera que la edad y la duración del tratamiento se encuentran más asociados con la reabsorción radicular externa que con los casos de extracciones dentarias.

Con respecto a la magnitud y duración de la fuerza, Ahu Topkara <sup>(25)</sup> y Jian-Hong Yu <sup>(35)</sup> manifiestan que este tipo de fuerzas actúan entre sí en la reabsorción radicular, debido a que una fuerza pesada y continua causa mayor reabsorción que una fuerza ligera e intermitente. Por lo tanto, Marcio José da Silva Campos <sup>(46)</sup> y Edina Eross <sup>(51)</sup>, indican que el uso de fuerzas ligeras e intermitentes ayudan para minimizar la reabsorción radicular externa. A su vez, Vanessa C. Jiménez Montenegro <sup>(49)</sup>, observo una mayor reabsorción radicular después de ser aplicadas fuerzas pesadas cuando se comparó con fuerzas ligeras. Por lo que, Jian-Hong Yu <sup>(35)</sup>, recomienda el uso de fuerzas ligeras para el movimiento dental ortodóntico sobre todo en movimientos intrusivos, debido a que este tipo de movimiento es considerado como el más agresivo y más propenso a desarrollar reabsorción radicular. Sin embargo, en base a la información recaudada, según la magnitud y duración de la fuerza, la más utilizada en el tratamiento ortodóntico son fuerzas ligeras y continuas

Hay que mencionar además que, cierto estudios como los de Belinda Weltman <sup>(1)</sup>, Marcio Jose da Silva Campos <sup>(47)</sup> y Rajae Elhaddaoui <sup>(53)</sup> manifiestan que una vez detectada la reabsorción

radicular externa tan pronto como sea posible debe ser sometido a vigilancia radiográfica regular y medidas terapéuticas preventivas, como pausar el tratamiento ortodóntico de 2 a 3 meses con el fin de disminuir o detener la reabsorción radicular externa. Además, Vanessa Leite <sup>(31)</sup> y Ahu Topkara <sup>(25)</sup>, mencionan que realizar exámenes radiográficos después de 6 meses de haber iniciado el tratamiento ortodóntico, puede ayudar a detectar la existencia de reabsorción radicular externa.

#### **4. CONCLUSIONES**

De acuerdo a diversos estudios que han contribuido con datos de varios números de casos relacionados con reabsorción radicular externa inducida por el tratamiento ortodóntico, se ha reportado una frecuencia del más del 90% de pacientes que reciben dicho tratamiento son propensos a desarrollar reabsorción radicular externa.

Dentro de los factores de riesgo que incitan al desarrollo de la reabsorción radicular externa, se encuentra factores de origen biológico y mecánico. Los factores biológicos son los que se encuentran relacionados directamente con el paciente, siendo la más importante, la susceptibilidad individual, debido a que pueden existir variaciones en los grados de reabsorción radicular de un individuo a otro.

Con respecto a los factores mecánicos los cuales están vinculados con el tratamiento ortodóntico, tales como, la magnitud y duración de la fuerza aplicada al diente, el tipo de movimiento dental, el tiempo del tratamiento ortodóntico, el tipo de aparato ortodóntico utilizado y tratamiento ortodóntico con extracciones dentarias, siendo estos los que tienen mayor relación con el desarrollo de reabsorción radicular externa, pero no hay que olvidar que estos factores pueden estar relacionados con la susceptibilidad del paciente por lo que puede existir variaciones en la cantidad de reabsorción, por lo que el especialista no solamente debe tomar en cuenta los factores mecánicos que causan reabsorción radicular si no también debe tomar en cuenta los factores biológicos del paciente.

Por último, mencionaremos que los grados de reabsorción más frecuentes se encuentran dentro de la clasificación de Levander y Malmgren, de Grado 1 (leve) a Grado 2 (moderada) con valores inferiores a 2 mm de reabsorción radicular, y en raras ocasiones puede existir una reabsorción grado 4 (grave) mayor a 4 mm o más de 1/3 de la longitud de la raíz, que puede estar presente entre el 1% y 5% de los casos con tratamiento de ortodoncia.

## 5. PROPUESTA

El ortodoncista tratante debe informar al paciente sobre los efectos secundarios que causa el tratamiento ortodóntico, y explicar cómo se va a llevar el procedimiento durante el tiempo que dure el tratamiento, con el fin de tener una colaboración por parte del paciente y tratar de minimizar el avance de la reabsorción. De igual manera es recomendable saber todos los datos del paciente con el fin de detectar si es susceptible a desarrollar reabsorción radicular.

Es recomendable realizar un estudio radiográfico previo al tratamiento ortodóntico con el fin de analizar la morfología de las estructuras dentarias y darle un seguimiento a las mismas, posterior a ello son necesarios exámenes radiográficos cada 6 meses con el fin de detectar la reabsorción inicial de la raíz.

Si se detecta reabsorción radicular tan pronto sea posible, será necesario una vigilancia radiográfica regular y medidas terapéuticas preventivas, como pausar el tratamiento de 2 a 3 meses con la finalidad de detener o minimizar la reabsorción radicular.

El uso de tomografía computarizada cone beam ayuda en el diagnóstico prematuro de la reabsorción radicular, además que proporciona una visualización de imagen tridimensional 3D de alta definición, pero una de sus desventajas es que tiene una alta radiación con respecto a las radiografías convencionales.

Se recomienda aplicación de fuerzas ligeras e intermitentes en los tratamientos ortodónticos así como intervalos entre las reactivaciones de fuerza y citas cada 4 semanas, ayudando a disminuir la reabsorción de la raíz.

## 6. BIBLIOGRAFÍA:

1. Weltman B, Vig KWL, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2010;137(4):462–76. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.06.021>
2. Post-tratamiento RRE, Con O, Pesados A, En B, Roth F. Reabsorción radicular externa post-tratamiento ortodóncico con arcos pesados basado en la filosofía roth. 2016;
3. Premack D, Woodruff G. Authors' Response. *Behav Brain Sci*. 1978;2(4):616–29.
4. Márquez JF, Castaño JM, Rueda ZV, Rendón J. Diagnóstico de reabsorción radicular externa en ortodoncia. Una revisión sistemática. *Rev Nac Odontol*. 2014;8(14):62–75.
5. Martínez FG, Guiza VR, Fuentes LR. 1475-17588-1-Pb (1). 2012;28(3):382–90.
6. Lozano-Chourio MA, Ruiz Rojas AL. Reabsorción radicular en ortodoncia: revisión de la literatura. *Univ Odontológica*. 2009;28(60):45–51.
7. Vaquero Niño P, Perea Pérez B, Labajo González E, Santiago Sáez A, García Marín F. Reabsorción radicular durante el tratamiento ortodóncico: causas y recomendaciones de actuación. *Rev Científica Dent* [Internet]. 2011;8(1):61–70. Available from: [https://www.coem.org.es/sites/default/files/publicaciones/CIENTIFICA\\_DENTAL/VOL8\\_NUM1/61-70.pdf](https://www.coem.org.es/sites/default/files/publicaciones/CIENTIFICA_DENTAL/VOL8_NUM1/61-70.pdf)
8. Newman MG, Takei HH, Klokkeold PR, Carranza FA. *Carranza Periodontologia Clinica*. 2010;1287.
9. Gomez de Ferraris ME. *Histologia, Embriologia E Ingenieria Tisular Bucodental*. *Histol Embriol e Ing Tisular Bucodental*. 2008;1–12.
10. Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. *Kaohsiung J Med Sci* [Internet]. 2018;34(4):207–14. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.007>
11. Consolaro A. Force distribution is more important than its intensity! *Dental Press J*

- Orthod. 2014;19(1):05–7.
12. Yi J, Li M, Li Y, Li X, Zhao Z. Root resorption during orthodontic treatment with self-ligating or conventional brackets: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2016;16(1):1–8.
  13. Graves DT, Kayal RA, Oates T, Garlet GP. Osteoimmunology in the Oral Cavity (Periodontal Disease, Lesions of Endodontic Origin, and Orthodontic Tooth Movement). *Osteoimmunology: Interactions of the Immune and Skeletal Systems: Second Edition*. 2015. 325-344 p.
  14. Işeri H, Kurt G, Kişnişci R. Biomechanics of Rapid Tooth Movement by Dentoalveolar Distraction Osteogenesis [Internet]. *Current Therapy in Orthodontics*. Mosby, Inc.; 2010. 321-337 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-05460-7.00025-9>
  15. Von Böhl M, Kuijpers-Jagtman AM. Hyalinization during orthodontic tooth movement: A systematic review on tissue reactions. *Eur J Orthod*. 2009;31(1):30–6.
  16. Tortolini P FBE. RelacParte1. *Av Odontoestomatol* 2011. 2011;4:197–206.
  17. Wu ATJ, Turk T, Colak C, Elekdag-Turk S, Jones AS, Petocz P, et al. Physical properties of root cementum: Part 18. The extent of root resorption after the application of light and heavy controlled rotational orthodontic forces for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2011;139(5):495–503.
  18. Aras B, Cheng LL, Turk T, Elekdag-Turk S, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 23. Effects of 2 or 3 weekly reactivated continuous or intermittent orthodontic forces on root resorption and tooth movement: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2012;141(2):e29–37. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.07.018>
  19. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption following treatment with aligners. *Angle Orthod*. 2008;78(6):1119–24.
  20. Roscoe MG, Meira JBC, Cattaneo PM. Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet].

2015;147(5):610–26. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.12.026>

21. Feller L, Khammissa RAG, Thomadakis G, Fourie J, Lemmer J. Apical External Root Resorption and Repair in Orthodontic Tooth Movement: Biological Events. *Biomed Res Int*. 2016;2016:1–7.
22. Nieto-Nieto N, Solano JE, Yañez-Vico R. External apical root resorption concurrent with orthodontic forces: the genetic influence. *Acta Odontol Scand* [Internet]. 2017;75(4):280–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00016357.2017.1294260>
23. Walker SL, Tieu LD, Flores-Mir C. Radiographic comparison of the extent of orthodontically induced external apical root resorption in vital and root-filled teeth: A systematic review. *Eur J Orthod*. 2013;35(6):796–802.
24. Yi J, Xiao J, Li Y, Li X, Zhao Z. External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment. *J Dent Sci*. 2018;13(1):48–53.
25. Topkara A, Karaman AI, Kau CH. Apical root resorption caused by orthodontic forces: A brief review and a long-term observation. *Eur J Dent* [Internet]. 2012;6(4):445–53. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23077427>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3474562>
26. Lund H, Gröndahl K, Hansen K, Gröndahl HG. Apical root resorption during orthodontic treatment: A prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod*. 2012;82(3):480–7.
27. Pandis N, Nasika M, Polychronopoulou A, Eliades T. External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008;134(5):646–51.
28. Chen W, Haq AAA, Zhou Y. Root resorption of self-ligating and conventional preadjusted brackets in severe anterior crowding Class I patients: A longitudinal retrospective study. *BMC Oral Health* [Internet]. 2015;15(1):1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12903-015-0100-0>
29. Jung YH, Cho BH. External root resorption after orthodontic treatment: A study of

contributing factors. *Imaging Sci Dent*. 2011;41(1):17–21.

30. Kitaura H, Kimura K, Ishida M, Sugisawa H, Kohara H. Effect of Cytokines on Osteoclast Formation and Bone Resorption during Mechanical Force Loading of the Periodontal Membrane Effect of Cytokines on Osteoclast Formation and Bone Resorption during Mechanical Force Loading of. *Sci World J*. 2016;2014(January 2014):1–7.
31. Leite V, Conti AC, Navarro R, Almeida M, Oltramari-Navarro P, Almeida R. Comparison of root resorption between self-ligating and conventional preadjusted brackets using cone beam computed tomography. *Angle Orthod*. 2012;82(6):1078–82.
32. Wierzbicki T, El-Bialy T, Aldaghree S, Li G, Doschak M. Analysis of orthodontically induced root resorption using micro-computed tomography (Micro-CT). *Angle Orthod*. 2009;79(1):91–6.
33. Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2009;136(1):8.e1-8.e8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.07.026>
34. Årtun J, Van 't Hullenaar R, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135(4):448–55.
35. Yu JH, Shu KW, Tsai MT, Hsu JT, Chang HW, Tung KL. A cone-beam computed tomography study of orthodontic apical root resorption. *J Dent Sci* [Internet]. 2013;8(1):74–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jds.2012.09.007>
36. Ponder SN, Benavides E, Kapila S, Hatch NE. Quantification of external root resorption by low- vs high-resolution cone-beam computed tomography and periapical radiography: A volumetric and linear analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2013;143(1):77–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.08.023>
37. Llamas-Carreras JM, Amarilla A, Solano E, Velasco-Ortega E, Rodríguez-Varo L,

- Segura-Egea JJ. Study of external root resorption during orthodontic treatment in root filled teeth compared with their contralateral teeth with vital pulps. *Int Endod J*. 2010;43(8):654–62.
38. Consolaro A, Furquim LZ. Extreme root resorption associated with induced tooth movement: A protocol for clinical management. *Dental Press J Orthod*. 2014;19(5):19–26.
39. Tieu LD, Saltaji H, Normando D, Flores-Mir C. Radiologically determined orthodontically induced external apical root resorption in incisors after non-surgical orthodontic treatment of class II division 1 malocclusion: a systematic review. *Prog Orthod*. 2014;15:48.
40. Wishney M. Potential risks of orthodontic therapy: a critical review and conceptual framework. *Aust Dent J*. 2017;62:86–96.
41. Bartley N, Türk T, Colak C, Elekdağ-Türk S, Jones A, Petocz P, et al. Physical properties of root cementum: Part 17. Root resorption after the application of 2.5° and 15° of buccal root torque for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2011;139(4):353–60.
42. Picanço GV, de Freitas KMS, Cançado RH, Valarelli FP, Picanço PRB, Feijão CP. Predisposing factors to severe external root resorption associated to orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod* [Internet]. 2013;18(1):110–20. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23876958>
43. Chiqueto K, Martins DR, Janson G. Effects of accentuated and reversed curve of Spee on apical root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008;133(2):261–8.
44. Maués CPR, Nascimento RR do, Vilella O de V. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dental Press J Orthod*. 2015;20(1):52–8.
45. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod*.

2013;83(2):196–203.

46. Nanekrungsan K, Patanaporn V, Janhom A, Korwanich N. External apical root resorption in maxillary incisors in orthodontic patients: Associated factors and radiographic evaluation. *Imaging Sci Dent.* 2012;42(3):147–54.
47. Da Silva Campos MJ, Silva KS, Gravina MA, Fraga MR, Vitral RWF. Apical root resorption: The dark side of the root. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;143(4):492–8.
48. Kocadereli I, Yesil TN, Veske PS, Uysal S. Apical root resorption: A prospective radiographic study of maxillary incisors. *Eur J Dent.* 2011;5(3):318–23.
49. Jacobs C, Gebhardt PF, Jacobs V, Hechtner M, Meila D, Wehrbein H. Root resorption, treatment time and extraction rate during orthodontic treatment with self-ligating and conventional brackets. *Head Face Med.* 2014;10(1):1–7.
50. Jiménez Montenegro VC, Jones A, Petocz P, Gonzales C, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 22. Root resorption after the application of light and heavy extrusive orthodontic forces: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012;141(1):e1.
51. Eross E, Turk T, Elekdag-Turk S, Cakmak F, Jones AS, Végh A, et al. Physical properties of root cementum: Part 25. Extent of root resorption after the application of light and heavy buccopalatal jiggling forces for 12 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015;147(6):738–46.
52. Preoteasa CT, Ionescu E, Preoteasa E, Comes CA, Buzea MC, Grănescu A. Orthodontically induced root resorption correlated with morphological characteristics. *Rom J Morphol Embryol.* 2008;50(2):257–62.
53. Elhaddaoui R, Qoraich HS, Bahije L, Zaoui F. Orthodontic aligners and root resorption: A systematic review. *Int Orthod.* 2017;15(1):1–12.
54. Samandara A, Papageorgiou SN, Ioannidou-Marathiotou I, Kavvadia-Tsatala S, Papadopoulos MA. Evaluation of orthodontically induced external root resorption

following orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2019;41(1):67–79.

55. Marques LS, Ramos-Jorge ML, Rey AC, Armond MC, de Oliveira Ruellas AC. Severe root resorption in orthodontic patients treated with the edgewise method: Prevalence and predictive factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;137(3):384–8.
56. Makedonas D, Lund H, Gröndahl K, Hansen K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months of orthodontic treatment with fixed appliance and the relation to risk factors. *Angle Orthod.* 2012;82(2):196–201.
57. Sharab LY, Morford LA, Dempsey J, Falcão-Alencar G, Mason A, Jacobson E, et al. Genetic and treatment-related risk factors associated with external apical root resorption (EARR) concurrent with orthodontia. *Orthod Craniofacial Res.* 2015;18(S1):71–82.
58. Lee YJ, Lee TY. External root resorption during orthodontic treatment in root-filled teeth and contralateral teeth with vital pulp: A clinical study of contributing factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2016;149(1):84–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.06.027>
59. Lindskog-Stokland B, Hansen K, Ekestubbe A, Wennström JL. Orthodontic tooth movement into edentulous ridge areas - A case series. *Eur J Orthod.* 2013;35(3):277–85.
60. Guo Y, He S, Gu T, Liu Y, Chen S. Genetic and clinical risk factors of root resorption associated with orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2016;150(2):283–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.028>
61. Consolaro A. The four mechanisms of dental resorption initiation. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(3):7–9.
62. Dudic A, Giannopoulou C, Meda P, Montet X, Kiliaridis S. Orthodontically induced cervical root resorption in humans is associated with the amount of tooth movement. *Eur J Orthod.* 2017;39(5):534–40.
63. Dudic A, Giannopoulou C, Kiliaridis S. Factors related to the rate of orthodontically induced tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2013;143(5):616–21.

Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.12.009>

64. Jiang RP, McDonald JP, Fu MK. Root resorption before and after orthodontic treatment: A clinical study of contributory factors. *Eur J Orthod.* 2010;32(6):693–7.
65. Savoldi F, Bonetti S, Dalessandri D, Mandelli G, Paganelli C. Incisal apical root resorption evaluation after low-friction orthodontic treatment using two-dimensional radiographic imaging and trigonometric correction. *J Clin Diagnostic Res.* 2015;9(11):ZC70-ZC74.
66. Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M, Kawata T, Matsuda Y, Terao A, et al. Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. *Eur J Orthod.* 2012;34(3):350–6.
67. Estrela C, Bueno MR, De Alencar AHG, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC, et al. Method to Evaluate Inflammatory Root Resorption by Using Cone Beam Computed Tomography. *J Endod.* 2009;35(11):1491–7.
68. Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. Cone beam computed tomography for assessment of root length and marginal bone level during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2010;80(3):466–73.

# 7. ANEXOS

Anexo 1 Tabla de caracterización del método de búsqueda

<b>Año de Public.</b>	<b>Vida útil del Artículo en años</b>	<b>ACC</b>	<b>Revista</b>	<b>Factor SJR</b>	<b>Cuartil</b>	<b>Área</b>	<b>Colección de datos</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>País</b>	<b>Buscador</b>

Anexo 2 Tabla de meta-análisis de caracterización de artículos

<b>Año</b>	<b>Grados de Reabsorción</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo estudio</b>	<b>Prevalencia</b>	<b>Factores de riesgo Reabsorción</b>	<b>Incidencia</b>	<b>Resultados</b>	<b>Métodos diagnósticos</b>	<b>Nro. Pacientes</b>	<b>Concordancia</b>