



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN
ESPECIALIDAD DE ORTODONCIA**

**“MECANISMOS DE PROPULSIÓN MANDIBULAR
PRESENTE Y PASADO”**

**TESIS
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE:
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA**

**PRESENTA:
C.D. GIOVANNI DORANTES ORTEGA**

DIRECTOR DE TESIS: M.O. VIDAL ALMANZA ÁVILA

ENERO 2026 MORELIA, MICHOACÁN.

Dedicatoria

A mis padres, Rosa Guadalupe Ortega Tiburcio y Armando Dorantes Marín, gracias por ser mi refugio, mi fuerza y mi mayor inspiración. Cada paso que he dado ha sido sostenido por su amor, sus sacrificios silenciosos y su fe inquebrantable en mí. Este logro es el reflejo de todo lo que me han enseñado y de todo lo que han dado sin pedir nada a cambio.

A mis hermanos, Armando, José de Jesús y Joshua, por acompañarme en este camino con palabras de aliento, paciencia y amor. Ustedes han sido un motor constante para no rendirme y recordar siempre de dónde vengo y por qué sigo adelante.

Y a mi abuelita María del Carmen Tiburcio, que, aunque ya no está físicamente conmigo, vive en cada recuerdo, en cada enseñanza y en cada valor que sembró en mi vida. Este logro también es para ti; sé que desde donde estés sigues guiando mis pasos y celebrando cada uno de mis triunfos.

Con todo mi amor y gratitud, este trabajo es para ustedes.

Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por ofrecer un espacio académico de excelencia que contribuyó de manera fundamental a mi desarrollo durante la especialidad.

Al Dr. Vidal Almanza Ávila, mi asesor de tesis, por su valiosa orientación, disposición y apoyo académico a lo largo de este proceso. Sus conocimientos, experiencia y compromiso fueron esenciales para la realización y culminación de este trabajo.

A cada uno de los profesores del Centro Universitario de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de odontología, sus enseñanzas contribuyeron de manera significativa en mi formación académica y profesional.

A mis compañeros de posgrado, por el compañerismo, la colaboración y el aprendizaje compartido durante esta etapa. Su apoyo hizo más llevadero cada reto y enriqueció significativamente esta experiencia académica.

A mi familia, por su amor incondicional, paciencia y respaldo constante. Su confianza y motivación fueron el impulso necesario para perseverar y alcanzar este objetivo profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de esta tesis.

Glosario

Trastornos temporomandibulares (TTM)

Conjunto de alteraciones que afectan a la articulación temporomandibular, los músculos masticatorios y las estructuras asociadas, manifestándose con dolor, limitación funcional y ruidos articulares.

Articulación temporomandibular (ATM)

Estructura articular que conecta la mandíbula con el hueso temporal del cráneo, permitiendo los movimientos mandibulares necesarios para la masticación, el habla y la deglución.

Maloclusión Clase II División 2 (II/2)

Tipo de maloclusión caracterizada por retrognatía mandibular, incisivos superiores retroinclinados y sobremordida profunda, según la clasificación de Angle.

The American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (AJODO)

Revista científica internacional de alto impacto dedicada a la publicación de investigaciones en ortodoncia, ortopedia dentofacial y disciplinas afines.

Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)

Tecnología digital que permite diseñar y fabricar dispositivos, modelos o estructuras mediante procesos computarizados, mejorando la precisión y eficiencia en la práctica clínica.

Vértebras cervicales (CVM)

Método de evaluación de la maduración ósea basado en la observación de cambios morfológicos en las vértebras cervicales en radiografías laterales del cráneo.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

Organismo gubernamental mexicano dedicado a promover, fortalecer y regular el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el país.

Resumen

Objetivo general: Analizar la evolución del conocimiento, los mecanismos biomecánicos y la eficacia clínica de los dispositivos ortopédicos funcionales utilizados para la propulsión mandibular en el tratamiento de la maloclusión Clase II por retrognatia, mediante la revisión, clasificación y análisis de artículos científicos publicados en diversas plataformas nacionales e internacionales.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda literaria en múltiples bases científicas, obteniéndose inicialmente 843 artículos. Tras una depuración por duplicados, disponibilidad y pertinencia temática, la muestra final quedó conformada por 264 estudios. Se recopilaron variables relacionadas con tipo de aparato, mecanismo de acción, fundamentos biomecánicos, eficacia clínica y nivel de evidencia. Los datos fueron organizados en una tabla (Anexo 1) y analizados mediante estadística descriptiva utilizando Excel.

Resultados: Las publicaciones abarcaron de 1961 a 2025, con mayor número entre 2021 y 2023. Predominaron los aparatos de avance mandibular continuo y los mecanismos mixtos que actúan sobre múltiples estructuras. Los dispositivos más frecuentes fueron Herbst, Twin Block, Frankel, Forsus, PowerScope y combinaciones de aparatología fija y removible. Se reportaron mejoras en ANB, Wits y relación molar, además de evidencia de estímulo condilar y cambios dentoalveolares. La mayoría de los estudios correspondió a tesis, estudios comparativos y retrospectivos.

Conclusiones: Los tratamientos de propulsión mandibular han evolucionado desde aparatos removibles dependientes del paciente hacia dispositivos híbridos, fijos y biomecánicamente dirigidos. Aunque la eficacia clínica es consistente, persisten variaciones metodológicas y niveles de evidencia moderados. Se requiere mayor estandarización y estudios con mejor diseño para fortalecer la práctica ortopédica basada en evidencia.

Palabras claves: ortodoncia, aparatos ortodóncicos fijos, ortopedia, mandíbula, revisión

Abstract

General Objective: To analyze the evolution of knowledge, biomechanical mechanisms, and clinical effectiveness of functional orthopedic devices used for mandibular propulsion in the treatment of Class II malocclusion due to retrognathia, through the review, classification, and analysis of scientific articles published in national and international platforms.

Materials and Methods: A literature search was conducted across multiple scientific databases, initially identifying 843 articles. After removing duplicates, restricted-access items, and studies unrelated to the topic, the final sample consisted of 264 articles. Variables related to device type, mechanism of action, biomechanical basis, clinical effectiveness, and level of evidence were collected. Data were organized into a table (Annex 1) and analyzed using descriptive statistics in Excel.

Results: Publications ranged from 1961 to 2025, with the highest concentration between 2021 and 2023. Most devices reported corresponded to continuous mandibular advancement systems and mixed mechanisms acting on multiple anatomical structures. The most frequently mentioned devices included Herbst, Twin Block, Frankel, Forsus, PowerScope, and combined fixed–removable appliances. Improvements were reported in ANB, Wits appraisal, molar relationship, condylar stimulation, and dentoalveolar changes. Most studies were theses, comparative studies, or retrospective analyses.

Conclusions: Mandibular propulsion treatments have evolved from removable, patient-dependent appliances to hybrid, fixed, and biomechanically directed devices. Although clinical effectiveness is consistently reported, methodological variability and moderate levels of evidence persist. Greater standardization and more rigorous research designs are required to strengthen evidence-based orthopedic practice.

Key Word: orthodontics, orthodontic appliances fixed, orthopedics, mandibula, review

Lista de Tablas

1. Marco Teórico

Tabla 1: clasificación de oclusión de Angle.....46

Tabla 2: Tipos de malposicionamiento dentario de acuerdo a Lischer.....49

2. Materiales y Métodos

Tabla 3: Definición de variables.....71

3. Cronograma de actividades

Tabla 4: Cronograma de actividades.....79

4. Anexos

Tabla 5: Machote para la captura de datos.....105

Lista de Figuras

1. Resultados

Figura 1: Año de publicación de los artículos evaluados en plataformas científicas.....	82
Figura 2: Plataformas científicas de las que fueron obtenidos los artículos y tesis para su evaluación.....	83
Figura 3: Nivel de evidencia de acuerdo al diseño de los artículos y tesis.....	84
Figura 4: Recopilación de dispositivos ortopédicos funcionales empleados en los artículos científicos y tesis evaluadas.....	85
Figura 5: Mecanismo de acción de los aparatos empleados en los artículos científicos y tesis evaluadas.....	86
Figura 6: Mecanismo de acción biomecánico de los aparatos empleados en pacientes de los artículos científicos y tesis evaluadas.....	87

Índice

Datos de identificación.....	15
Capítulo 1. Introducción.....	16
Capítulo 2. Planteamiento del problema.....	21
2.1. Preguntas.....	22
2.1.1 Pregunta general de investigación.....	22
2.1.2 Preguntas específicas.....	22
Capítulo 3. Marco teórico.....	23
3.1. Antecedentes.....	23
3.1.1. Antecedentes Generales.....	23
3.1.1.1. Andresen.....	23
3.1.2. Antecedentes Específicos.....	24
3.1.2.1. Propulsores mandibulares como tratamiento alternativo para la maloclusión clase II: Revisión narrativa.....	24
3.1.2.2. Maloclusión clase II y su relación con trastornos temporomandibulares Revisión de la literatura.....	25
3.1.2.3. Manejo temprano de la maloclusión clase II división 2. Revisión de la literatura.	26
3.1.2.4. Dispositivo de avance mandibular en dentición permanente: una revisión de la literatura.....	27
3.2. Bases teóricas.....	28
3.2.1. Historia de la ortodoncia.....	28

3.2.2. Anatomía.....	30
3.2.2.1. Mandíbula.....	30
3.2.3. Histología.....	31
3.2.3.1. Hueso.....	31
3.2.3.2. Cartílago.....	32
3.2.4. Embriología.....	32
3.2.4.1. Desarrollo embriológico mandibular.....	32
3.2.4.1. Cartílago de Meckel.....	34
3.2.5. Crecimiento mandibular.....	35
3.2.5.1. Crecimiento y desarrollo mandibular.....	37
3.2.5.2. picos de crecimiento mandibular.....	39
3.2.6. Fisiopatología del crecimiento mandíbula.....	41
3.2.7. Diagnóstico clase II esquelético	42
3.2.7.1. Gregoret.....	43
3.2.7.2. Proffit.....	43
3.2.7.3. Graber.....	44
3.2.8. Clase II esquelético con tendencia retrognatia.....	44
3.2.9. Maloclusión.....	45
3.2.9.1. Clasificación de maloclusiones dentarias.....	46
3.2.9.2. Clase II División I.....	48
3.2.9.3. Clasificación de Lischer.....	48
3.2.10. Aparatos ortodóncicos.....	49
3.2.10.1. Aparatos fijos o funcionales.....	52

3.2.10.1.1. Herbst.....	52
3.2.10.1.2. Mars-Jacobson.....	52
3.2.10.1.3. Carriere.....	53
3.2.10.1.4. Aparato distalizador Sistema modular de Wilson.....	54
3.2.10.1.5. Jasper Jumper.....	54
3.2.10.1.6. Forsus.....	55
3.2.10.1.7. AdvanSync 2.....	55
3.2.10.1.8. Power Scope.....	56
3.2.10.1.9. Ertz gap II.....	56
3.2.10.2. Aparatos removibles.....	57
3.2.10.2.1. Pistas Planas.....	58
3.2.10.2.2. Bionator.....	58
3.2.10.2.3. Frankel II.....	59
3.3 Bases legales.....	60
3.3.1. NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.....	60
3.3.2. Ley de Ciencia y Tecnología.....	61
3.2.3. ley federal del derecho de autor.....	62
3.4. Variables.....	63
3.4.1. Evolución del conocimiento.....	63
3.4.2. Mecanismo biomecánico de la propulsión mandibular.....	64
3.4.3 Dispositivos ortopédico funcional.....	64
3.4.4. Mecanismo de acción del dispositivo.....	64

3.4.5. Eficacia clínica de las correcciones clase II.....	65
3.4.6. Diseño y nivel de evidencia del estudio.....	65
Capítulo 4. Justificación.....	66
Capítulo 5 Hipótesis.....	68
5.1. Hipótesis alterna.....	68
5.2. Hipótesis nula.....	68
Capítulo 6. Objetivos.....	69
6.1. Objetivo general.....	69
6.2. Objetivos específicos.....	69
Capítulo 7. Materiales y métodos.....	70
7.1. Tipo de estudio.....	70
7.2. Definición del universo de estudio.....	70
7.3. Tamaño de la muestra.....	70
7.4. Definición de las unidades de observación.....	71
7.5. Criterios de inclusión.....	71
7.6. Criterios de exclusión.....	71
7.7. Criterios de eliminación.....	71
7.8. Definición de variables y unidades de medida.....	71
7.9. Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información.....	74

7.10. Aspectos éticos.....	75
7.10.1. Ley Orgánica de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.....	75
7.10.2. NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.....	75
7.10.3. Ley de Ciencia y Tecnología.....	76
7.10.4. ley federal del derecho de autor.....	77
Capítulo 8. Cronograma de actividades.....	79
8.1. Recursos humanos.....	80
8.2. Recursos materiales.....	80
8.3. Recursos financieros.....	80
8.4. Procedimiento y metodología.....	80
Capítulo 9. Resultados.....	81
Capítulo 10. Discusión.....	88
Capítulo 11. Conclusiones.....	91
Capítulo 12. Bibliografía.....	94
Capítulo 13. Anexos.....	105

Datos de identificación

Título: *“Mecanismos de propulsión mandibular presente y pasado”.*

Institución: Facultad De Odontología División De Estudios De Posgrado E Investigación Especialidad De Ortodoncia, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo

Datos de los investigadores: C.D. Giovanni Dorantes Ortega, M.O. Vidal Almanza Ávila

C.D. Giovanni Dorantes Ortega
Autor del proyecto

M.O. Vidal Almanza Ávila
Director de tesis

1. Introducción

Este documento presenta una revisión literaria que analiza la historia y evolución del uso de aparatos ortodónticos funcionales en el tratamiento de la maloclusión Clase II por retrognatía mandibular. Asimismo, pone de manifiesto la falta de criterios estandarizados para la atención de estos pacientes, evidenciando la variabilidad en la elección del tratamiento según las características clínicas y la etiología individual. Se reconoce la necesidad de identificar las tendencias y la evolución de los diferentes enfoques terapéuticos a lo largo del tiempo, con el objetivo de orientar a estudiantes y profesionales de ortodoncia hacia prácticas basadas en evidencia y las nuevas tendencias de tratamiento.

En el Capítulo 2, se plantea que a pesar de la disponibilidad de múltiples dispositivos ortopédico-funcionales para estimular la propulsión mandibular en pacientes con Clase II, la literatura publicada carece de criterios unificados que permitan determinar cuál es el método más efectivo. Los estudios presentan definiciones biomecánicas, protocolos de aplicación y resultados clínicos heterogéneos, lo que dificulta comparar la eficacia de los diferentes aparatos. Esta falta de consenso limita la toma de decisiones basada en evidencia, obstaculiza la selección del dispositivo más adecuado para cada paciente y restringe la construcción de guías clínicas y protocolos terapéuticos estandarizados.

El Capítulo 3, En este apartado se desarrolla el marco teórico de la investigación, integrando y analizando la evidencia científica disponible sobre el tratamiento de las maloclusiones Clase II por retrognatía mediante el empleo de aparatos funcionales. Se destacan los artículos y revisiones que han comparado distintas técnicas, evaluado su eficacia clínica y documentado las tendencias actuales en el abordaje ortopédico y ortodóntico de esta discrepancia esquelética. Este análisis permite contextualizar el estado del conocimiento y establecer los fundamentos que sustentan la pertinencia del estudio.

Así mismo, se profundiza en los aspectos anatómicos, embriológicos e histológicos relacionados con el desarrollo y crecimiento mandibular, con el objetivo de proporcionar al lector las bases biológicas indispensables para comprender la fisiopatología de la retrognatia y los mecanismos de acción de los aparatos funcionales. La revisión de estos conceptos estructurales permite fortalecer la comprensión del impacto que las intervenciones ortopédicas pueden ejercer sobre las estructuras dentofaciales en crecimiento.

De igual manera, se describen de forma detallada los principales aparatos fijos y removibles utilizados en la práctica ortodóncica para el manejo de la Clase II esquelética, incluyendo sus principios biomecánicos, indicaciones clínicas, ventajas, limitaciones y evidencia disponible que respalda su uso. Esta sección busca ofrecer una visión integral de las alternativas terapéuticas y del razonamiento clínico que guía su selección.

Finalmente, se examinan los lineamientos y fundamentos legales que regulan la práctica profesional y la investigación documental en México, con el propósito de esclarecer el marco normativo que avala la elaboración de esta revisión literaria. La inclusión de este análisis normativo garantiza que el estudio se sustente en principios éticos, legales y metodológicos adecuados, fortaleciendo su rigor académico y su validez como trabajo científico.

En el Capítulo 4, la justificación se fundamenta en La maloclusión Clase II por retrognatia mandibular es una de las alteraciones dentofaciales más frecuentes en niños y adolescentes, con una prevalencia estimada entre 15% y 30% a nivel mundial. Esta condición impacta la oclusión, la estética facial, la función temporomandibular, la respiración y el bienestar psicosocial, y su evolución no tratada puede requerir intervenciones complejas en la adultez, como cirugía ortognática. Los pacientes en crecimiento representan un grupo crítico, dado que la ventana terapéutica para influir en el desarrollo mandibular es limitada. La diversidad de dispositivos ortopédico-funcionales, enfoques terapéuticos y fundamentos biomecánicos reportados evidencia la necesidad de sintetizar la

literatura. Esta revisión pretende analizar la evolución científica de los mecanismos de propulsión mandibular y la evidencia de eficacia clínica, con el fin de orientar decisiones clínicas fundamentadas, optimizar protocolos terapéuticos, reducir la variabilidad en la práctica profesional y promover intervenciones oportunas y efectivas.

El Capítulo 5, establece como hipótesis alterna que la evidencia científica publicada muestra que los tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular han demostrado una eficacia clínica significativa en la corrección de la clase II por retrognatia en pacientes en crecimiento.

El Capítulo 6 se establece como objetivo general Analizar la evolución del conocimiento y de la evidencia científica sobre los mecanismos de propulsión mandibular en los tratamientos ortopédicos funcionales para la corrección de la clase II por retrognatia.

En el Capítulo 7 se define el estudio como observacional, documental, retrospectivo, transversal, analítico, sin riesgo. Definiendo el universo de estudio en artículos científicos publicados en la literatura mundial que aborden tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular para la corrección de la maloclusión clase II por retrognatia en pacientes en crecimiento. El tamaño de la muestra se obtuvo a través de un método estadístico basado en la fórmula de la muestra para población finita, dando un total de 264 artículos científicos. Los criterios de inclusión son: estudios que incluyan pacientes en crecimiento, diagnóstico de maloclusión clase II por retrognatia mandibular, artículos que evalúen tratamiento ortopédico funcional, artículos en inglés y español, revistas científicas indexadas. Los criterios de exclusión: estudios con adultos o que no estén en crecimiento, tratamientos que no sean ortopédico funcional, estudios sobre mecánica dental exclusivamente, en otro idioma que no sea inglés o español. Los criterios de eliminación: artículos duplicados detectados posteriormente, información insuficiente para extraer datos, artículos con metodología inconsistente, acceso incompleto o pérdida de disponibilidad.

En el capítulo 8 presenta el cronograma de actividades en el que se establecen las actividades a realizar para la ejecución del proyecto.

En el capítulo 9. Se presentan los resultados obtenidos de La revisión literaria identificó inicialmente 843 artículos relacionados con mecanismos de propulsión mandibular, de los cuales, tras la depuración metodológica, se analizaron 264. Las publicaciones abarcan desde 1961 hasta 2025, con mayor concentración en los años recientes, especialmente 2021 a 2023. La mayoría de los aparatos reportados generan avance mandibular continuo (74.31 %) y muestran mecanismos mixtos que actúan sobre múltiples estructuras anatómicas (71.55 %). Entre los dispositivos más frecuentes destacan Herbst, Twin Block, Forsus, PowerScope y combinaciones de aparatología fija y removible. En cuanto al nivel de evidencia, predominan tesis, estudios comparativos y retrospectivos, mientras que los ensayos clínicos aleatorizados representan una minoría. Estos resultados reflejan una evolución progresiva hacia aparatos híbridos, de acción constante y con mayor control biomecánico.

En el Capítulo 10 La revisión de la literatura realizada en diversas plataformas científicas en línea como Google Académico, PubMed, Elsevier, SciELO, BASE, JUNK y ClinicalKey, evidencia que son relativamente escasos los estudios que han comparado de manera sistemática los resultados reportados en la literatura respecto al tratamiento de la Clase II. Esta carencia de análisis comparativos dificulta establecer con precisión la evolución de la línea de investigación y limita la identificación de tendencias consistentes en la eficacia de los abordajes ortopédicos funcionales. A pesar de la abundante información disponible sobre técnicas y resultados aislados, persiste la necesidad de estudios integradores que permitan valorar críticamente el progreso, las controversias y las brechas de conocimiento existentes en torno a la retrognatia mandibular y su manejo clínico.

En el Capítulo 11 se demostró que La evidencia recopilada demuestra que los aparatos de propulsión mandibular han evolucionado significativamente, pasando de dispositivos voluminosos y dependientes del paciente a mecanismos híbridos, fijos y biomecánicamente dirigidos. Los tratamientos actuales priorizan el avance mandibular continuo y los mecanismos mixtos que actúan simultáneamente sobre cóndilo, musculatura y dentoalveolares, lo que favorece respuestas más predecibles. Aunque los aparatos funcionales muestran eficacia en la corrección de la maloclusión Clase II durante el crecimiento, la literatura disponible presenta heterogeneidad metodológica y predominio de niveles de evidencia moderados. Esto subraya la necesidad de investigaciones más robustas que permitan comparaciones directas entre dispositivos. En conjunto, la tesis concluye que la ortopedia funcional ha avanzado hacia tratamientos más estables, eficientes y fundamentados en evidencia, pero aún requiere mayor estandarización y rigor científico.

2. Planteamiento del problema

El crecimiento y desarrollo mandibular es un proceso fisiológico esencial para la función masticatoria, fonatoria y la armonía craneofacial. Cuando dicho crecimiento se ve limitado o insuficiente, pueden presentarse discrepancias esqueléticas como la Clase II por retrognatia mandibular¹, una de las alteraciones más frecuentes en la práctica ortodóntica y ortopédica. Esta condición no solo compromete la función y la estabilidad oclusal, sino también la estética facial y el bienestar psicosocial del paciente.

A lo largo del tiempo se han propuesto múltiples tratamientos ortopédicos funcionales dirigidos a estimular la proyección mandibular mediante mecanismos de propulsión, especialmente durante etapas de crecimiento. Sin embargo, la comprensión sobre cómo estos dispositivos modifican la posición y el desarrollo mandibular ha evolucionado de manera fragmentada, sustentándose en modelos biomecánicos cambiantes y en resultados clínicos heterogéneos².

Existen inconsistencias importantes entre los estudios respecto a la definición biomecánica del movimiento protrusivo mandibular, los tejidos y estructuras que participan en su respuesta adaptativa, el momento óptimo de intervención y la eficacia comparativa de los distintos aparatos funcionales utilizados en pacientes con Clase II. Además, buena parte de la evidencia se encuentra dispersa, con metodologías variables y conclusiones poco estandarizadas, lo que dificulta la interpretación clínica y la toma de decisiones basada en evidencia.

Esta falta de integración limita la claridad sobre los avances reales en el manejo ortopédico de la Clase II, genera incertidumbre en la selección del dispositivo más adecuado para cada paciente en crecimiento y dificulta establecer bases biomecánicas sólidas que orienten futuras investigaciones y protocolos terapéuticos.

Por lo tanto, el problema central radica en la ausencia de una síntesis crítica y actualizada de la literatura que analice la evolución histórica, el sustento biomecánico y la eficacia de los tratamientos ortopédicos funcionales dirigidos a la propulsión mandibular en pacientes con Clase II. Esta carencia obstaculiza la práctica clínica fundamentada y la construcción de modelos terapéuticos más precisos y eficientes.

2.1 Preguntas

2.1.1 Pregunta general de investigación

¿Cómo ha evolucionado el conocimiento y la evidencia científica sobre los mecanismos de propulsión mandibular en los tratamientos ortopédicos funcionales para la corrección de la clase II por retrognatia?

2.1.2 Preguntas específicas

1. ¿Cuáles son los fundamentos biomecánicos descritos en la literatura sobre la propulsión mandibular aplicada a tratamientos ortopédicos funcionales en pacientes con clase II?
2. ¿Qué dispositivos ortopédicos funcionales han sido utilizados históricamente para estimular la propulsión mandibular en la clase II y cuáles son sus mecanismos e acción reportados?
3. ¿Qué evidencia científica existe sobre la eficacia clínica comparada entre los diferentes tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular para la corrección de clase II en pacientes en crecimiento?

3. Marco teórico

3.1. Antecedentes

El estado del arte, tanto a nivel nacional como internacional, ofrece al lector una visión clara de los estudios realizados en los últimos cinco años en torno al tratamiento de la maloclusión Clase II. A través de una revisión de literatura, estos trabajos tienen como objetivo comparar diversas técnicas terapéuticas, analizar la evolución de los aparatos ortopédicos y evaluar los procedimientos no invasivos desarrollados para abordar esta alteración. La recopilación y el análisis crítico de estas investigaciones permiten identificar tendencias, avances y áreas de oportunidad dentro del campo, proporcionando así un marco de referencia sólido para la comprensión del tema y el desarrollo de nuevas líneas de investigación.

3.1.1. Antecedentes Generales

3.1.1.1. Andresen

En 1908 Viggo Andresen diseñó el primer activador funcional cuando retiró los aparatos fijos de su hija y colocó un retenedor modificado tipo Hawley con una extensión lingual para mover la mandíbula. Observó que la maloclusión mejoró espontáneamente³.

También se puede encontrar en la literatura como activador, es un aparato funcional removible de tipo monobloque elaborado principalmente en resina acrílica, diseñado para unir ambas arcadas y mantener la mandíbula en una posición adelantada y ligeramente abierta respecto a su posición habitual; físicamente es un dispositivo voluminoso que cubre las superficies oclusales posteriores, genera desoclusión dental y puede incluir elementos de retención como arcos vestibulares o ganchos, aunque en su diseño original no incorpora mecanismos activos como tornillos o resortes, por lo que se considera un aparato pasivo. Su funcionamiento

se basa en los principios de la ortopedia funcional, ya que no aplica fuerzas mecánicas directas sobre los dientes o los huesos, sino que modifica la posición mandibular y obliga al sistema neuromuscular a adaptarse a una nueva relación maxilomandibular; al colocar la mandíbula en protrusión, se altera el equilibrio muscular normal y los músculos elevadores y protrusores intentan de manera constante regresar la mandíbula a su posición inicial, generando fuerzas funcionales de baja magnitud pero de acción prolongada, especialmente durante el uso nocturno, lo que favorece cambios adaptativos a nivel muscular, articular y óseo. Desde el punto de vista biomecánico, su acción puede explicarse mediante las leyes de Newton, ya que la primera ley se relaciona con la ruptura de la inercia postural mandibular al imponer una nueva posición que requiere la intervención de fuerzas externas, en este caso musculares; la segunda ley se observa en que la fuerza generada por la musculatura produce aceleraciones mínimas pero repetitivas, cuya acción acumulativa a lo largo del tiempo resulta biológicamente eficaz para inducir remodelación ósea sin necesidad de fuerzas intensas; mientras que la tercera ley se manifiesta en la relación acción-reacción entre la contracción muscular que intenta retruir la mandíbula y la resistencia pasiva del aparato, transmitiendo dichas fuerzas a los cóndilos, la fosa glenoidea, el maxilar y las estructuras dentoalveolares, favoreciendo la adaptación del complejo craneofacial, particularmente en pacientes en crecimiento^{4,5}.

3.1.2. Antecedentes Específicos

3.1.2.1. Propulsores mandibulares como tratamiento alternativo para la maloclusión clase II: Revisión narrativa

Morán-Naranjo DA y Bautista-Rojas FD, en 2023. En su artículo intitulado “Propulsores mandibulares como tratamiento alternativo para la maloclusión clase II: Revisión narrativa”. Estudiaron un total de 27 artículos de literatura científica que abordaban los efectos de diversos aparatos propulsores mandibulares en pacientes con maloclusión clase II. Para ello, realizaron una evaluación de los cambios

dentales, esqueletales y de tejidos blandos, derivados por el uso de aparatos fijos y removibles. Encontrando que los propulsores mandibulares demostraron ser efectivos para corregir las características principales de la maloclusión clase II. Sin embargo, señalan que el éxito del tratamiento depende fuertemente del patrón de crecimiento facial del paciente y de la etapa de maduración esquelética al inicio del tratamiento. Por otra parte, se menciona que los mejores resultados se observaron en individuos que se encontraban en su pico de crecimiento. Los autores señalaron que los propulsores mandibulares representan una alternativa terapéutica válida y menos invasiva para la corrección de la maloclusión clase II⁶.

3.1.2.2. Maloclusión clase II y su relación con trastornos temporomandibulares. Revisión de la literatura

Salas C y Nuñez C, en 2024. En su estudio intitulado “Maloclusión clase II y su relación con trastornos temporomandibulares. Revisión de la literatura”. Revisaron la evidencia disponible acerca de la posible relación entre la maloclusión clase II y los trastornos temporomandibulares (TTM). Revisaron 13 estudios obtenidos mediante una búsqueda en PubMed con los términos “Temporomandibular Joint Disorders y Malocclusion, Angle Class II”. Encontrando que en algunos estudios la maloclusión clase II ha sido identificada como un posible factor predominante para el desarrollo de trastornos temporomandibulares, especialmente en lo que respecta a la anatomía y la posición de la articulación temporomandibular. No obstante, la evidencia resultó siendo controversial: no todos los estudios demostraron una asociación clara entre clase II y TTM. Discutiendo que, aunque algunos hallazgos sugieren una asociación entre maloclusión clase II y TTM, esta relación no puede considerarse definitiva. Exponen que la controversia puede deberse a variaciones en los criterios diagnósticos, diferentes metodologías entre estudios y diversas características de las muestras analizadas entre edad, tipo de maloclusión, criterios de evaluación de la Articulación temporomandibular (ATM). Por tanto, se demuestra que actúa como un factor predisponente pero no basta por sí sola, dado que los trastornos temporomandibulares tienen una etiología

multifactorial, y que la clase II no debe considerarse como un factor determinante único⁷.

3.1.2.3. Manejo temprano de la maloclusión clase II división 2. Revisión de la literatura

Rodríguez MC y Padilla-Tello MR, en 2015 en su artículo intitulado “Manejo temprano de la maloclusión clase II división 2. Revisión de la literatura” revisaron la evidencia disponible sobre la maloclusión clase II división 2 (II/2) y las diferentes opciones de tratamiento ortopédico maxilar para su corrección. En su revisión se analizaron diversos estudios publicados entre 1960 y 2015, buscando describir las características de la maloclusión II/2, su etiología, prevalencia, particularidades dentales, esqueléticas y faciales, así como los protocolos de tratamiento ortopédico, incluyendo expansión maxilar, aparatología fija o removible y aparatos funcionales para eventual avance mandibular. Identificando que la maloclusión clase II/2 se caracteriza por una alta variabilidad en su manifestación: puede presentar retrognatismo mandibular y/o maxilar prognático, con alteraciones dentales como retroinclinación de incisivos superior centrales, overbite, overjet reducido, arco maxilar en forma de “U”, apiñamiento dentario y en algunos casos anomalías dentales asociadas. La etiología reportada fue multifactorial con un fuerte componente genético combinado con factores ambientales, dentales y de desarrollo craneofacial, lo que explica la heterogeneidad en su presentación. Mencionan que el tratamiento temprano con ortopedia funcional y ortopedia maxilar, mediante expansión transversal, proinclinación de incisivos superiores y uso de aparatos removibles y fijos según sea el caso, pueden corregir las alteraciones dentales y dento-esqueléticas, llevando muchas veces la maloclusión hacia una clase II/1. En contraste, el tratamiento ortopédico temprano, especialmente durante la dentición mixta o etapa de crecimiento, puede reducir la necesidad de intervención quirúrgica futura, disminuir la gravedad de las alteraciones del sistema estomatognático y mejorar los resultados estéticos, funcionales y faciales a largo plazo. De igual forma, explican que los aparatos funcionales son capaces de producir cambios esqueléticos importantes al modificar la dirección del crecimiento maxilo-mandibular

mediante la estimulación neuromuscular, favoreciendo un nuevo patrón de desarrollo más armonioso⁸.

3.1.2.4. Dispositivo de avance mandibular en dentición permanente: una revisión de la literatura

Vanin KD, Nogueira WA y Camarana NCA, en 2022. En su artículo intitulado “Aparelho propulsor mandibular na denticao permanente: uma revisado de literatura”. Revisaron la literatura disponible acerca del uso de aparatos propulsores mandibulares en pacientes con maloclusión clase II de Angle en dentición permanente. Describieron la historia, las indicaciones, la confección, instalación y las modalidades de uso de los aparatos propulsores mandibulares, con el objetivo de corregir la maloclusión clase II. Concluyendo que los aparatos propulsores mandibulares constituyen una alternativa terapéutica viable para tratar maloclusiones clase II permanente. Estos dispositivos pueden contribuir a mejorar la relación maxilomandibular al favorecer una posición mandibular más favorable, cuando están bien indicados e instalados. Aunque la maloclusión clase II puede originarse por prognatismo maxilar, retrognatismo mandibular o ambos, en la mayoría de los casos la mandíbula es la que presenta deficiencia, por lo que el uso de propulsores mandibulares puede ser especialmente indicado para mejorar la posición mandibular. Es por ello, que la selección del caso es fundamental, no todos los pacientes con clase II deben recibir propulsor, sino aquellos que cumplen criterios adecuados como relación esquelética, dentición permanente, características faciales, etc. También es evidente que en la literatura existen limitaciones debido a la heterogeneidad de los estudios, por ello no es posible definir un protocolo único de tratamiento que garantice éxito en todos los casos⁹.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Historia de la ortodoncia

La Organización Mundial de la Salud define a la ortodoncia como especialidad de la odontología que se encarga de la prevención, diagnóstico, interpretación y tratamiento de las malposiciones dentarias y trastornos maxilofaciales, incluyendo el uso de dispositivos, como aparatos dentales, para enderezar los dientes y corregir problemas de mordida¹⁰.

Se debe tener en cuenta que la ortodoncia es una especialidad de suma importancia dentro de la odontología, la cual juega un papel fundamental en la mejora de la salud bucodental, la cual, tiene una finalidad de abordar problemas de maloclusión, así como la alineación dental, cuyas alteraciones repercuten de manera significativa en todo el sistema estomatognático.

El interés por corregir las irregularidades dentales no es un fenómeno moderno; de hecho, sus orígenes se remontan, como señalan Proffit, Fields y Sarver en 2014, a por lo menos 1,000 años a.C. Desde las primeras civilizaciones existen evidencias arqueológicas de intentos por alinear los dientes, ya sea mediante ligaduras metálicas o dispositivos rudimentarios colocados en restos óseos. Estos hallazgos muestran que la preocupación por la estética y la función dental ha acompañado a la humanidad desde tiempos remotos¹¹.

No obstante, el verdadero desarrollo técnico y conceptual comenzó a cobrar forma muchos siglos después. Fue entre los siglos XVIII y XIX cuando se documentaron de manera más sistemática distintos dispositivos diseñados para corregir malposiciones dentales. Durante este periodo surgieron los primeros intentos de aparatología ortodóncica: arcos metálicos, bandas, tornillos y mecanismos destinados a ejercer fuerzas controladas sobre los dientes. Autores de esa época empezaron a describir principios más claros sobre cómo podrían

moverse los dientes dentro del hueso, lo que marcó la transición de prácticas artesanales a intervenciones con bases más científicas.

Proffit y col destacan precisamente cómo estos avances tempranos sentaron las bases de la ortodoncia moderna, al permitir que posteriormente se desarrollaran métodos más precisos, comprensibles y predecibles para el tratamiento de las maloclusiones. En otras palabras, la evolución histórica muestra una línea continua: desde intentos empíricos en la antigüedad hasta los primeros dispositivos del siglo XVIII y XIX que dieron inicio a la disciplina ortodóncica tal como hoy la conocemos. Un aspecto llamativo dentro de la evolución histórica de la ortodoncia es que, hacia mediados del siglo XIX, comenzaron a publicarse textos que ya no solo mencionaban la corrección dental como parte de la práctica general, sino que abordaban el tema de manera específica y detallada. Uno de los trabajos más representativos de este periodo es *Oral Deformities*, escrito por Norman Kingsley y publicado en 1880, el cual suele destacarse como una de las primeras obras formales centradas en las deformidades dentofaciales^{11,12}.

La evolución de la ortodoncia, tal como expone Asbell en 1990 en *A Brief History of Orthodontics*. Comenzó a consolidarse a partir del siglo XIX, cuando la práctica dejó de ser empírica para transformarse en una disciplina estructurada. Durante este periodo, el desarrollo de los primeros aparatos dentales, la comprensión más clara de las maloclusiones y la especialización progresiva de los profesionales sentaron las bases de lo que más tarde se convertiría en la ortodoncia moderna¹³.

Entre las figuras clave de esta etapa destaca Edward H. Angle, reconocido como el padre de la ortodoncia contemporánea. Angle no solo propuso la primera clasificación sistemática de las maloclusiones, sino que también estableció principios biomecánicos que guiaron el movimiento dental de manera controlada. Su contribución marcó un punto de inflexión, al definir a la ortodoncia como una especialidad con fundamentos propios y una identidad científica bien delimitada^{13,14}.

Con la llegada del siglo XX, la disciplina entró en un proceso de verdadera profesionalización. Se perfeccionaron técnicas clínicas, se estandarizó la aparatología, incluyendo brackets y arcos metálicos, y surgieron espacios formales de difusión científica, como The American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (AJODO). Estos avances impulsaron la investigación, la sistematización de protocolos terapéuticos y la formación académica especializada, consolidando la ortodoncia dentro del campo odontológico¹³.

En décadas más recientes, el progreso tecnológico ha redefinido nuevamente la práctica clínica. La incorporación de nuevos materiales, la aplicación de principios biomecánicos avanzados y el enfoque basado en evidencia han permitido tratamientos más eficientes, predecibles y personalizados. La ortodoncia actual es resultado de una evolución constante que integra ciencia, innovación y precisión terapéutica¹¹.

3.2.2. Anatomía

3.2.2.1. Mandíbula

La mandíbula se describe como un hueso simétrico, impar, mediano, siendo un hueso móvil situado en la parte inferior de la cara. Está configurado en un cuerpo cóncavo hacia atrás dándole forma de herradura cuyos extremos se desplazan verticalmente en sentido superior formando con el cuerpo mandibular un ángulo casi recto. Para su estudio se puede describir en cuerpo y dos ramas; la cara posee una porción anterior cutánea, la cual en su porción media presenta la sínfisis mandibular. Lateralmente a nivel de la implantación del segundo premolar se ubica el foramen mentoniano, por donde emerge el nervio y los vasos mentonianos¹⁴.

En su cara posterior, en el borde inferior, se observan salientes de inserción, denominados procesos o apófisis geni, las superiores dan inserción a los músculos genioglosos y las inferiores a los genihioideos. Cerca de la línea media, se encuentra una línea que asciende oblicuamente por debajo y detrás del último molar, se denomina línea oblicua interna, en ella se inserta el músculo milohioideo

y en su parte posterior el músculo constrictor superior de la faringe, en la porción inferior de esta línea se aloja la glándula submandibular^{14,15}.

De consistencia sumamente sólida, está constituido principalmente por tejido óseo compacto, en su borde superior esta recubierto por una lámina bastante densa de tejido esponjoso que acota los alveolos dentarios. Por su parte, en la cara lateral, se presentan las rugosidades que dan inserción al músculo masetero, en su cara medial se encuentra la llingula mandibular o espina de Spix y posterior a esta, se ubica el foramen mandibular por donde ingresa el nervio y vasos alveolares inferiores. De acuerdo su estructura, en su borde superior se ubican los procesos coronoideos, que dan inserción al musculo temporal, también se ubica el proceso condilar, en el borde inferior podemos encontrar un ángulo saliente denominado gónion^{16,17}.

3.2.3. Histología

3.2.3.1. Hueso

El tejido óseo representa la parte principal del esqueleto. Desde el punto de vista tecnológico es único en cuanto a compendiar gran dureza y fortaleza con el mínimo peso posible. A pesar de su dureza y resistencia, el tejido óseo posee cierta elasticidad, todas propiedades que lo hacen especialmente apto como material esquelético. Al igual que el cartílago, el tejido óseo es una forma especializada de tejido conectivo denso. Desde el punto de vista macroscópico el tejido óseo se organiza en los huesos de dos formas diferentes. El tejido óseo esponjoso, sustancia esponjosa o hueso trabecular está compuesto por finos listones u hojas, las trabéculas que se entrecruzan en distintas direcciones y forman un reticulado esponjoso, cuyos espacios huecos intercomuncantes están ocupados por la médula ósea. Por el contrario, el tejido óseo compacto, sustancia compacta o hueso cortical está formado a simple vista por una masa compacta sin espacios visibles. En el hueso compacto, las láminas están dispuestas, en su mayor parte en forma concéntrica alrededor de canales longitudinales del hueso denominados conductos

de Havers por lo que se forman los sistemas de Havers u osteonas corticales. Otro sistema de canales conductuales de los vasos son los conductos de Volkmann, comunican los conductos de Havers entre sí y con las superficies externa e interna del hueso¹⁸⁻²².

3.2.3.2. Cartílago

Es una forma especializada de tejido conectivo, compuesto, como otros tejidos por células y componentes extracelulares. Los condrocitos están aislados en pequeños espacios de la abundante matriz extracelular, compuesta por fibras incluidas en una sustancia fundamental. A diferencia de otros tejidos conectivos, el cartílago no contiene vasos ni terminaciones nerviosas y las células se nutren por difusión a través de la sustancia fundamental, que es un gel coloidal firme rico en agua.

Las propiedades especiales de los distintos tipos de cartílagos los adaptan a sus funciones, por ejemplo, los cartílagos articulares permiten el movimiento de los extremos articulares de los huesos casi sin que exista fricciones entre ellos, al mismo tiempo que por ser un gel rígido, pueden absorber presiones y golpes importantes. Para el desarrollo y mantenimiento del cartílago tiene gran importancia ciertos factores y hormonas de crecimiento, en especial relacionados con el crecimiento longitudinal de los huesos largos^{17,23,24}.

3.2.4. Embriología

3.2.4.1. Desarrollo embriológico mandibular

La mesénquima que forma la región de la cabeza deriva del mesodermo para axial y de la placa lateral, la cresta neural y regiones engrosadas de ectodermo conocidas como placodas ectodérmicas. El mesodermo para axial y forma gran parte de los componentes membranosos y cartilaginosos del neurocráneo. El primer arco faríngeo está constituido por una porción dorsal, la prominencia maxilar, que se extiende hacia delante por debajo de la región del ojo y una porción ventral, la prominencia mandibular que contiene al cartílago de Meckel. En el proceso de

desarrollo el cartílago de Meckel desaparece, excepto por dos regiones pequeñas en su extremo dorsal, que persisten y constituyen el yunque y el martillo. La mandíbula se forma mediante la osificación intramembranosa del tejido mesenquimatoso que circunda al cartílago de Meckel. La musculatura del primer arco incluye los músculos de la masticación y el vientre anterior del digástrico, milohioideo, tensor del tímpano y tensor del paladar²⁵.

En la tercera semana de implantación de embrión, se produce un proceso de diferenciación de mesodermo, a su vez, un plegamiento del embrión en sentido cefalocaudal y dorsoventral, dando así origen a la cavidad bucal primitiva o estomodeo que es separada de la faringe primitiva por la membrana bucofaríngea, que, a partir de estas paredes, se diferencian los arcos faríngeos o branquiales que son de suma importancia en la formación de la cara²⁶.

El origen y crecimiento de la cavidad oral y la cara se originan a la cuarta semana de vida intrauterina, el primer arco branquial se bifurca lateralmente y hacia abajo, para dar como resultado los mamelones maxilares por arriba, y los mandibular en su parte inferior²⁷.

Existen postulaciones sobre el origen del proceso mandibular, las cuales se mencionan que las células de las crestas neurales realizan una migración hacia el mesodermo de los arcos branquiales, formando el cartílago de Meckel, siendo el mecanismo de osificación del cuerpo mandibular, formándose de manera independiente del tejido conectivo embrionario. A partir del primer arco branquial, se originan los procesos maxilares y mandibulares, así como el nervio trigeminal y varios músculos como los; masticadores, milohioideo, vientre anterior del digástrico y el tensor del paladar²⁶.

Este proceso mandibular, va a progresar de manera directa hacia la línea media por debajo del estomodeo para fusionarse con el del lado opuesto y dar origen a la mandíbula y el labio inferior, seguido de esto, los procesos mandibulares

se dirigen lateralmente para realizar la fusión con los procesos maxilares para formar la mejilla²⁸.

En el proceso de osificación, posee un mecanismo yuxtaparacondral, en el que interviene el cartílago de Meckel, que sirve como guía, pero no participa, se realiza de manera paralela de este mismo, aproximadamente a la sexta semana de gestación. Inicia en la proximidad del ángulo formado por las ramas del nervio mentoniano y del nervio incisivo, se forma un anillo alrededor del nervio mentoniano realizando una extensión hacia atrás y adelante en relación externa del cartílago de Meckel²⁹.

El hueso embrionario del cuerpo mandibular posee un aspecto de conducto con una abertura hacia arriba, en donde se alberga el paquete vásculo-nervioso y los gérmenes dentarios en desarrollo. Se debe destacar que la osificación de la mandíbula es mixta, ya que, aparte de ser intramembranosa, intervienen cartílagos secundarios, y en donde aparecen estos cartílagos secundarios, se dará la inserción de los músculos responsables de la masticación, siendo considerada como zonas inductoras de crecimiento óseo o matriz funcional³⁰.

3.2.4.1. Cartílago de Meckel

La mandíbula ofrece un mecanismo de osificación llamado yuxtaparacondral en el que el cartílago de Meckel, denominado cartílago primario, sirve de guía o sostén, pero no participa. La osificación se efectúa en forma de una estructura paralela y ubicada al lado del cartílago, de ahí su nombre. El inicio de la formación del tejido óseo se produce a las seis o siete semanas aproximadamente. Comienza con la vecindad del ángulo formado por las ramas del nervio mentoniano y del nervio incisivo, al separarse del dentario inferior. Se inicia como un anillo óseo alrededor del nervio mentoniano y luego las trabéculas se extienden hacia atrás y hacia adelante, en relación externa al cartílago de Meckel. La porción ventral es la que sirve de guía al proceso de osificación intramembranosa del cuerpo de la mandíbula³¹.

3.2.5. Crecimiento mandibular

El crecimiento de la mandíbula es un proceso biológico altamente complejo que resulta de la interacción entre factores genéticos, funcionales, ambientales y biomecánicos. Constituye una de las estructuras craneofaciales más dinámicas, ya que su crecimiento contribuye de manera decisiva al balance estético y funcional del sistema estomatognático. Su comportamiento durante la infancia y adolescencia determina la oclusión, la función respiratoria, la masticación y el equilibrio morfológico de la cara³².

Embriológicamente, la mandíbula se origina en el primer arco faríngeo, donde el cartílago de Meckel actúa como estructura guía durante la formación inicial, aunque no participa directamente en la osificación final de la mandíbula excepto por pequeñas estructuras óseas del oído medio y el ligamento esfenomandibular. La mayor parte de la mandíbula se forma mediante osificación intramembranosa, con la notable excepción del cóndilo mandibular, cuya osificación es endocondral y lo convierte en un centro de crecimiento adaptativo que permanece activo hasta finales de la adolescencia^{32,33}.

El desarrollo mandibular combina crecimiento, desplazamiento y remodelación. Desde etapas tempranas, el cuerpo mandibular aumenta su longitud gracias a la deposición ósea posterior en la rama ascendente y la reabsorción en la zona anterior, proceso que permite el avance del ápice coronal sin comprometer la armonía estructural. La rama mandibular experimenta remodelación continua, con aposición en su borde posterior y reabsorción simultánea en su borde anterior, lo cual contribuye al alargamiento del cuerpo mandibular y al ajuste del espacio requerido para la erupción dentaria progresiva³³.

El cóndilo mandibular desempeña un papel fundamental en el desarrollo anteroposterior y vertical de la mandíbula. A diferencia de las placas epifisarias de los huesos largos, el cartílago condilar es un cartílago secundario, altamente dependiente de estímulos funcionales como la masticación, la postura mandibular,

la actividad muscular y la relación oclusal. Esta característica permite que el crecimiento condilar pueda ser modificado por fuerzas externas, lo que sustenta gran parte de la eficacia de los tratamientos ortopédicos funcionales en pacientes con discrepancias esqueléticas. La función y la carga biomecánica influyen directamente en la proliferación condral, la maduración celular y la formación de hueso nuevo^{32,34}.

Otro elemento relevante del crecimiento mandibular es la rotación, que puede ser verdadera o aparente. La rotación verdadera se produce dentro de la propia estructura mandibular, mientras que la rotación aparente refleja cambios en la disposición espacial de la mandíbula frente al cráneo. Estos movimientos rotacionales influyen en la altura facial, la inclinación del plano mandibular y la relación molar intermaxilar. Dependiendo del patrón facial, la mandíbula puede experimentar rotación horaria o antihoraria, afectando la expresión clínica de discrepancias esqueléticas como la clase II o la clase III³¹⁻³³.

Durante la infancia, el crecimiento mandibular es constante pero relativamente moderado. Sin embargo, durante el estirón puberal, la mandíbula experimenta un incremento significativo en su crecimiento, especialmente en varones, quienes suelen presentar mayor respuesta condilar y mayor elongación mandibular. Este periodo constituye una ventana terapéutica crucial para las intervenciones ortopédicas funcionales, ya que la capacidad adaptativa del cóndilo y de los tejidos circundantes se encuentra en su punto máximo. La morfología final de la mandíbula resulta de una combinación de múltiples factores: la actividad muscular orofacial, el patrón respiratorio, la postura craneocervical, la presión de los tejidos blandos, la erupción dentaria y la función oclusal. La alteración de cualquiera de estos componentes puede modificar la trayectoria de crecimiento. Por ejemplo, hábitos como la respiración bucal pueden generar cambios en la rotación mandibular y altura facial; la hiperactividad muscular puede restringir el crecimiento; y las interferencias oclusales pueden influir en la remodelación condilar³⁵.

La mandíbula nunca crece de manera aislada; su desarrollo debe entenderse dentro del contexto del crecimiento craneofacial global. La interacción con el maxilar superior, mediante la oclusión dental y la función masticatoria, modula parte del comportamiento biomecánico mandibular. La sincronía entre ambas estructuras es fundamental para lograr una relación oclusal estable y armónica³⁶.

3.2.5.1. Crecimiento y desarrollo mandibular

En etapa posnatal, la mandíbula tiene las características del hueso adulto, con diferencias morfológicas: la mandíbula es alargada, con un ángulo goniaco muy obtuso y la rama de menor tamaño en comparación con el cuerpo, no posee hueso de tipo cortical. Durante el crecimiento mandibular, se da una importante actividad endocondral y perióstica, producido por el desplazamiento creado por el mismo desarrollo de la base de cráneo que traslada la articulación temporomandibular^{17, 37}.

La mandíbula crece por actividad cartilaginosa y endostal/periostal, en la sínfisis mandibular y cóndilo son las principales zonas de crecimiento cartilaginoso. Tanto el crecimiento endostal como el periostal son de suma importancia para el crecimiento mandibular, ya que producen el cambio de tamaño y forma, tanto de la rama como del cuerpo³⁷.

Los huesos maxilo-faciales padecen un proceso de remodelación total a lo largo del desarrollo y cada una de sus partes cambia de forma mientras que el tamaño va aumentando, modificando su morfología. El crecimiento se origina dependiendo de las estructuras de referencia, tomando el cráneo como punto inicial, el mentón realiza un desplazamiento hacia abajo y hacia delante, en donde los principales puntos de crecimiento son: la superficie posterior de la rama mandibular, apófisis condilar y coronoides. El mentón es una zona de crecimiento con poco índice de actividad, realiza el deslizamiento anteriorinferior¹⁷.

El cuerpo de la mandíbula se elonga por aposición perióstica del hueso en su superficie posterior, mientras que la rama mandibular crece en altura por reposición endocondral a nivel del cóndilo y por remodelación superficial. Su crecimiento es menos activo que el de la rama mandibular, pero es un contribuyente del remodelamiento de la mandíbula, en su porción vestibular, se produce oposición, por su porción lingual, reabsorción ósea, en la zona anterior, se origina crecimiento aposicional^{19,37,38}.

A nivel de la zona alveolar, el hueso crece bajo el principio de la V; oposición interna y reabsorción externa, con el aumento vertical de las apófisis alveolares, se establece el concepto propuesto por Rickets, en el cual, parece que el paquete vasculonervioso de la mandíbula constituye el centro de desarrollo mandibular; el agujero oval, mandibular y mental marcarían la pauta de este crecimiento, formando así la hipótesis de crecimiento arciforme mandibular^{37,39}.

Durante el periodo de la lactancia, la rama mandibular se encuentra en el lugar de erupción del primer molar temporal, va existiendo una remodelación posterior para crear el espacio del segundo molar deciduo y así, para la erupción ordenada de los molares permanentes. El proceso de reabsorción de la rama produce un alargamiento del cuerpo mandibular hasta igualarse con la longitud total de la base del cráneo, en donde simultáneamente el tamaño anteroposterior de la rama aumenta junto al crecimiento aposicional del borde posterior del cóndilo mandibular. El crecimiento condilar no solo aumenta el volumen del hueso, si no que origina un desplazamiento primario de la mandíbula, que sirve como compensación parcial a la relación sagital con el maxilar superior^{17,19,37,40}.

Hacia el 3° - 4° mes de vida posnatal, existe una aposición ósea en la cara externa y reabsorción en la cara interna de la parte anterior del cuerpo, esta aposición dura 4 – 5 años, posterior a esto, la zona de la cara externa del cuerpo se convierte en una zona de reabsorción, en este momento, el cuerpo basal detiene su crecimiento anterior del cuerpo mandibular. El cartílago que se sitúa entre ambas

hemimandíbulas permite el desarrollo transversal para el posicionamiento dentario, al hacer erupción los incisivos inferiores, la sincondrosis continúa proliferando y se mantiene abierta hasta los 8 meses^{37,41}.

El crecimiento mandibular, posterior del primer año de vida, se debe dar por remodelamiento óseo, cuya combinación de los procesos aposicionales y reabsortivos se haga posible el espacio necesario para la dentición temporal y permanente. El alargamiento anterior se detiene a los 4 – 5 años, por lo que el cuerpo mandibular se alarga en dirección posterior como única vía disponible para que los molares permanentes dispongan de espacio para su proceso eruptivo. Para el desarrollo condilar, se establece un cartílago secundario que recubre su parte superior, siendo un centro de crecimiento activo y a la vez, una superficie articular para la rama vertical mandibular, teniendo una función de centro de crecimiento hasta la segunda década de vida. Su crecimiento se da hacia atrás, arriba y en dirección externa, contribuyendo a mantener la estabilidad del sistema masticatorio, el crecimiento posterior y hacia arriba sobre la fosa glenoidea, produce un desplazamiento del hueso mandibular hacia adelante y abajo³⁷.

En la rama vertical, se produce una reabsorción ósea en el borde anterior de la rama, para así, producir una elongación en el cuerpo, para compensar la reabsorción y conservar la anchura, existe una oposición ósea en el borde posterior que se continua con el crecimiento condíleo y a la vez, influye en el desplazamiento anterior mandibular. Existe el proceso de rotación mandibular, en el cual, la mandíbula se aleja de la base del cráneo, mientras aumenta dimensión morfológica por medio de mecanismos de reabsorción y aposición selectiva, la rotación anterior se produce por el crecimiento condíleo, este desplaza la mandíbula hacia anterior^{37,41,42}.

3.2.5.2. Picos de crecimiento mandibular

El crecimiento mandibular sigue un patrón complejo, influido por factores genéticos, hormonales y biomecánicos, y se caracteriza por fases de aceleración y

desaceleración a lo largo del desarrollo. A diferencia del maxilar superior, que tiene un crecimiento más temprano y estable, la mandíbula presenta un desarrollo más prolongado, con su punto máximo durante la adolescencia. Su crecimiento se realiza principalmente en el cóndilo mandibular a través de cartílago secundario de tipo fibrocartilaginoso y mediante remodelación ósea de las corticales⁴³.

Durante la infancia, la mandíbula crece de manera continua pero lenta. Entre los 6 y 10 años predomina un crecimiento moderado asociado a la maduración general del esqueleto, sin presentar aún aceleraciones drásticas. Este periodo es relevante en ortopedia preventiva, aunque la respuesta es más limitada en comparación con etapas posteriores. A partir de los 10–12 años se inicia una transición hacia una fase más activa, donde el crecimiento condilar aumenta como respuesta a la estimulación hormonal, especialmente la secreción de hormona del crecimiento, IGF-1 y esteroides sexuales⁴⁴.

El primer gran pico de crecimiento mandibular suele coincidir con el estirón puberal. En niñas generalmente ocurre entre los 11 y 13 años, mientras que en niños aparece entre los 13 y 15 años. Este pico representa la ventana terapéutica más efectiva para la modificación ortopédica mandibular, pues la velocidad de crecimiento puede duplicar o incluso triplicar la tasa observada en años previos. Clínicamente, esta etapa se relaciona con cambios notables en longitud mandibular, altura del ramo, angulación gonial y proyección del pogonion. La mandíbula crece en sentido posteroanterior mediante la combinación de aposición en borde posterior del ramo y resorción en la superficie anterior, lo que favorece el desplazamiento hacia adelante^{44,45}.

Una segunda fase de crecimiento residual puede extenderse hasta los 17–18 años en mujeres y hasta los 20–21 años en hombres. Aunque menos intensa, esta etapa continúa aportando algunos milímetros en longitud y cambios en la configuración del contorno mandibular. La mayor duración del crecimiento en varones explica por qué suelen presentar mandíbulas más desarrolladas y mejor potencial para tratamientos funcionales prolongados⁴⁶.

La determinación exacta del pico de crecimiento se apoya en diversas herramientas diagnósticas. Los indicadores de maduración esquelética, como las vértebras cervicales (CVM), permiten estimar el momento de aceleración máxima, ubicando el pico en estadios CS3–CS4. Otro método clásico es la maduración ósea de la mano y muñeca, mediante patrones de osificación del sesamoideo del pulgar o la fusión de la falange media. El crecimiento también puede correlacionarse con parámetros clínicos como el estirón en estatura, la aparición de características sexuales secundarias y cambios orales como la erupción del segundo molar⁴⁷⁻⁴⁹.

En la adolescencia avanzada, el crecimiento mandibular disminuye gradualmente hasta estabilizarse en la adultez temprana. No obstante, algunos estudios han demostrado que existe un crecimiento mínimo pero persistente incluso hasta los 30 años, especialmente en la sínfisis y la rama, aunque de magnitud clínicamente poco relevante para la ortopedia funcional⁵⁰.

3.2.6. Fisiopatología del crecimiento mandíbula

La deficiencia en el crecimiento mandibular se refiere a un desarrollo insuficiente de la mandíbula en sentido anteroposterior y/o vertical. Puede clasificarse como congénita asociada a síndromes como Pierre Robin, Treacher Collins o hemifacial macrosomía, del desarrollo idiopática o familiar o adquirida por trauma, infección, irradiación que afecte el cóndilo durante el crecimiento⁸¹. Causas principales⁵¹⁻⁵⁴:

1. Genéticas y embriológicas: alteraciones en genes de la morfogénesis de los arcos faríngeos y en vías de señalización (por ejemplo, factores implicados en desarrollo condilar) predisponen a hipoplasia mandibular o asimetrías. Los síndromes craneofaciales muestran con frecuencia hipoplasia mandibular de origen temprano.
2. Trastornos del cóndilo y cartílago condilar: disfunción del cartílago condilar en los centros de crecimiento secundario por alteraciones celulares, ambientales o bioquímicas, reduce la capacidad de proliferación y formación

ósea endocondral. Esto es un mecanismo central en muchas hipoplasias mandibulares.

3. Traumáticos, infecciosos o iatrogénicos: fracturas condilares no tratadas, infecciones o radioterapia en la infancia pueden provocar detención del crecimiento condilar y asimetría/hipoplasia.
4. Factores funcionales y ambientales: hábitos orales perjudiciales como la succión digital, respiración bucal, disfunción muscular, oclusión anómala y carga mecánica alterada pueden modificar la remodelación ósea y condilar durante el crecimiento. La mecánica funcional influye en la expresión de factores de crecimiento en el cóndilo.
5. Endocrinos y nutricionales: deficiencias hormonales (GH/IGF-1) o estados nutricionales adversos afectan el crecimiento general y pueden reducir la respuesta condilar y mandibular.
6. Alteración del cartílago condilar: disminución de la proliferación condrocitaria, maduración anormal y apoptosis, con consecuente reducción de la osificación endocondral que impulsa el crecimiento anteroposterior de la rama y cuerpo mandibular.
7. Desequilibrio en remodelación ósea: cambios en la aposición y resorción en superficies mandibulares que alteran la elongación y forma mandibular normal.
8. Respuesta a carga mecánica y factores locales: la carga funcional modula la expresión de factores de crecimiento y matriz extracelular en el cóndilo; la falta de estímulo o estímulos anómalos inducen remodelación desfavorable.

3.2.7. Diagnóstico clase II esquelética

La Clase II esquelética representa una de las alteraciones craneofaciales más comunes en ortodoncia, caracterizada por un desajuste anteroposterior entre maxilar y mandíbula. Esta discrepancia puede manifestarse como una mandíbula retrusiva, un maxilar superior protrusivo o la combinación de ambos, afectando no solo la estética facial, sino también la función masticatoria, la respiración y la armonía general del rostro. Su identificación temprana se convierte en un paso

crucial, pues permite diseñar estrategias de intervención ortopédica oportunas que aprovechen el potencial de crecimiento del paciente y favorezcan un desarrollo craneofacial equilibrado.

El diagnóstico de la Clase II esquelética requiere un enfoque integral que combine la evaluación morfológica, funcional y radiográfica. Aspectos como la convexidad facial, la posición del mentón, la relación molar y la guía incisal, así como parámetros cefalométricos como SNA, SNB, ANB y Wits, constituyen herramientas esenciales para comprender la magnitud y el origen de la discrepancia. Además, factores como el patrón de crecimiento, la función muscular y la vía respiratoria son determinantes en la aparición y evolución de esta alteración, especialmente durante la infancia y la adolescencia.

3.2.7.1. Gregoret

Gregoret entiende la Clase II esquelética como una discrepancia anteroposterior entre maxilar y mandíbula, identificable mediante análisis cefalométricos detallados. Para él, el diagnóstico debe diferenciar cuidadosamente si la discrepancia se debe a un maxilar protrusivo, una mandíbula retrusiva o a una combinación de ambas. Utiliza parámetros como posición y morfología mandibular, convexidad facial, ángulos de perfil, eje facial, profundidad maxilar y altura facial. Da gran importancia a la armonía del perfil y a la evaluación de crecimiento para determinar el potencial de corrección ortopédica⁵⁵.

3.2.7.2. Proffit

Proffit define la Clase II esquelética como una alteración del patrón de crecimiento que genera una posición anteroposterior desfavorable entre maxilar y mandíbula, siendo la retrognatia mandibular el componente más frecuentemente responsable. Para el diagnóstico recomienda integrar tres niveles: morfológico (perfil facial convexo, mentón retraído), funcional (relación molar y guía incisal), y radiográfico (SNA, SNB, ANB, Wits). Destaca que el diagnóstico debe considerar

crecimiento, genética, función muscular y vías respiratorias, especialmente en niños y adolescentes⁵⁶.

3.2.7.3. Graber

Graber plantea el diagnóstico de Clase II esquelética como un proceso integral que combina estética facial, análisis dentario y estudio cefalométrico. Subraya que la mandíbula retrusiva es el origen más común, aunque también puede existir protrusión maxilar. Evalúa minuciosamente la posición del maxilar y la mandíbula con relación a la base craneal, el patrón vertical, la rotación mandibular y la función neuromuscular. Señala que la Clase II esquelética debe entenderse dentro del contexto del crecimiento craneofacial general y que el diagnóstico temprano permite una intervención ortopédica eficaz⁵⁷.

3.2.8. Clase II esquelética con tendencia retrognatia

La Clase II esquelética por retrognatia mandibular se caracteriza por una discrepancia anteroposterior en la que la mandíbula se encuentra retrasada con respecto al maxilar, generando un perfil convexo, mentón retraído y relación molar de Clase II. Clínicamente, esta condición puede asociarse con aumento del overjet, compresión dental, alteraciones de la mordida y dificultades funcionales como problemas de masticación, fonación y respiración, además de quejas estéticas⁵⁸.

La etiología de la retrognatia mandibular es multifactorial e incluye factores genéticos, síndromes craneofaciales, alteraciones condilares (hipoplasia o aplasia), traumatismos o intervenciones iatrogénicas durante la infancia, hábitos funcionales, desequilibrios musculares y factores endocrinos o nutricionales que afectan la respuesta condilar. La fisiopatología central consiste en la disfunción del cartílago condilar, con reducción de la proliferación condrocitaria y de la osificación endocondral, lo que impide la elongación normal de la rama y el cuerpo mandibulares⁵⁸⁻⁶⁰.

El diagnóstico requiere un enfoque integral que combine exploración clínica, análisis cefalométrico, evaluación de maduración y técnicas de imagen. La exploración clínica valora perfil facial, posición del mentón, relación labial, overjet y signos funcionales. La cefalometría lateral, mediante medidas como SNA, SNB, ANB y Wits, permite diferenciar si la discrepancia es mandibular, maxilar o mixta. La estimación del potencial de crecimiento mediante CVM o PHV/hand–wrist es fundamental para determinar la viabilidad de intervenciones ortopédicas, mientras que la imagen 3D y la panorámica son esenciales para evaluar el cóndilo, la fosa y detectar asimetrías o alteraciones patológicas⁶¹.

El diagnóstico diferencial se basa en la interpretación de parámetros cefalométricos y patrones mandibulares: un ANB elevado con SNA normal y SNB bajo indica predominio mandibular, mientras que un SNA alto sugiere protrusión maxilar. La rotación mandibular y el patrón vertical deben considerarse, ya que pueden generar apariencia de retrognatía sin verdadera deficiencia mandibular⁶².

El diagnóstico preciso es esencial, ya que determinar si la Clase II se origina en la mandíbula o en el maxilar orienta la elección de la estrategia terapéutica, ya sea modificación de crecimiento, camuflaje dentoalveolar o cirugía. La integración de examen clínico, cefalometría, maduración esquelética y técnicas de imagen proporciona la mejor aproximación diagnóstica. Aunque la evidencia respalda la eficacia relativa de los aparatos funcionales durante el crecimiento, persisten dudas sobre la magnitud y permanencia del cambio esquelético, lo que resalta la necesidad de estudios longitudinales estandarizados y revisiones sistemáticas que orienten la práctica clínica⁶³.

3.2.9. Maloclusión

La definición de maloclusión propuesta por Wyle en 1947, retomada posteriormente por Vellini Ferreira en 2002, constituye uno de los primeros intentos por comprender este fenómeno desde una perspectiva funcional y no únicamente morfológica. Wyle describió la maloclusión como “una relación alternativa de partes desproporcionadas”, destacando que no debía interpretarse simplemente como un

alineamiento incorrecto de los dientes, sino como una alteración que afecta simultáneamente cuatro sistemas interrelacionados: los dientes, los huesos, los músculos y los nervios. De manera complementaria, en 1842, Georg Carabelli, una de las figuras más influyentes de la odontología del siglo XIX, propuso una de las primeras clasificaciones sistemáticas de las maloclusiones, sentando las bases para organizar las alteraciones oclusales con criterios descriptivos y uniformes en una época en la que la ortodoncia aún no se concebía como especialidad. En su clasificación, Carabelli utilizó términos latinos para reflejar tanto la posición dental como la relación entre los maxilares, definiendo “Mordex normalis” como la oclusión ideal o normal, en la que los dientes superiores e inferiores mantienen una relación armónica; “Mordex rectus” hacía referencia a la oclusión borde a borde, un tipo de relación que ya indicaba desarmonía en el posicionamiento anteroposterior de los arcos dentarios; “Mordex abertus” describía la mordida abierta, caracterizada por la falta de contacto vertical entre ciertos grupos dentarios; y “Mordex prosus” señalaba la protrusión, una condición en la que los incisivos superiores se proyectan hacia adelante respecto a los inferiores, evidenciando alteraciones en la relación maxilomandibular y la estética facial⁶⁴.

3.2.9.1. Clasificación de maloclusiones dentarias

En 1899, el Dr. Edward Angle propuso una clasificación de las maloclusiones basada en la posición del primer molar permanente maxilar respecto al primer molar mandibular. Angle consideraba que este órgano dentario ocupaba una posición estable dentro del esqueleto craneofacial, y que las desarmonías dentales se originaban principalmente por desplazamientos anteroposteriores de la arcada inferior en relación con él^{64,65}. Tabla 1.

Clase	Descripción	Características dentales	Perfil facial/otros signos
Clase I	Relación molar ideal	Cúspide mesiovestibular del primer molar	Perfil facial recto, musculatura

		superior ocluye en el surco mesiovestibular del primer molar inferior	peribucal equilibrada
Clase II	Distoclusión del primer molar inferior se sitúa distal al primer molar superior		Perfil facial convexo
División I (Clase II)	Subtipo de Clase II	Proinclinación de incisivos superiores, aumento de overjet	Desequilibrio muscular facial
División II (Clase II)	Subtipo de clase II	Retroinclinación de incisivos superiores, tendencia a mordida profunda anterior	Perfil facial recto con tendencia a convexidad
Clase III	Mesioclusión del primer molar inferior	Incisivos inferiores por delante de los superiores	Prognatismo mandibular o retrognatismo maxilar; puede generar mordida cruzada anterior

Tabla 1: clasificación de oclusión de Angle.

3.2.9.2. Clase II División I

La maloclusión Clase II División 1 en ortodoncia se define, de acuerdo con la clasificación de Angle, como una relación distal del primer molar inferior respecto al superior, acompañada de incisivos superiores proclínicos y un aumento del overjet, lo que suele asociarse clínicamente a un perfil facial convexo, incompetencia labial y, en muchos casos, una discrepancia sagital entre maxilar y mandíbula; esta condición ha sido descrita de manera consistente en libros clásicos y contemporáneos de ortodoncia como los de Proffit, Graber, Vanarsdall, Vig, Ustrell y Cobourne, quienes coinciden en que su etiología es multifactorial e incluye componentes esqueléticos como la retrognatia mandibular o el prognatismo maxilar, factores dentoalveolares como la protrusión de los incisivos superiores, y elementos funcionales y musculares que influyen en el crecimiento y la postura mandibular. Estos textos señalan que el diagnóstico debe integrar la evaluación clínica, el análisis facial, el estudio oclusal y la cefalometría, para diferenciar si el problema es predominantemente esquelético, dentario o mixto, ya que de ello depende la planificación del tratamiento. En cuanto al manejo terapéutico, los libros coinciden en que durante el crecimiento es posible recurrir a la modificación del mismo mediante aparatología funcional, como el activador de Andresen y sus derivados, cuyo objetivo es adelantar la mandíbula y aprovechar las fuerzas musculares fisiológicas para inducir cambios adaptativos en el complejo craneofacial, mientras que en etapas posteriores se emplean mecánicas ortodóncicas con aparatos fijos, elásticos de Clase II, distalizadores o esquemas con extracciones para camuflaje dentoalveolar, reservando la cirugía ortognática para casos severos en pacientes adultos. En conjunto, la literatura de estos cinco libros presenta a la Clase II División 1 como una de las maloclusiones más frecuentes y clínicamente relevantes, cuya comprensión requiere un enfoque integral que considere crecimiento, función, biomecánica y estética facial para lograr resultados estables y funcionales^{11,59,65-67}.

3.2.9.3. Clasificación de Lischer

En 1911, Lischer propuso una clasificación individual del malposicionamiento dentario, enfocándose en las desviaciones específicas de cada diente respecto a

su posición normal dentro del arco dental. Esta clasificación permite describir con precisión la orientación y posición anómala de los dientes, facilitando el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortodóncico. Los tipos de malposicionamiento según Lischer son⁶⁸:

Mesioversión	Posición dentaria en relación mesial de su posición normal
Distoversión	Posición dentaria en relación distal de su posición normal
Vestibuloversión o labioversión	Posición coronaria vestibularizada
Linguoversión	Posición coronaria lingualizada
Infreversión	Posición dentaria por debajo del plano oclusal
Supraversión	Posición dentaria por arriba del plano oclusal
Giroversión	Rotación dentaria sobre su eje longitudinal
Axiversión	Alteración en la inclinación dentaria
Transversión	Transposición del órgano dentario
Perversión	Impactación de órgano dentario

Tabla 2: Tipos de malposicionamiento dentario de acuerdo con Lischer

3.2.10. Aparatos ortodóncicos

Los aparatos en ortodoncia son dispositivos terapéuticos diseñados para modificar la posición de los dientes, influir en el crecimiento y desarrollo de los maxilares, mejorar la función del sistema estomatognático y restablecer la armonía facial y oclusal. Constituyen herramientas esenciales dentro del tratamiento ortodóncico y ortopédico, ya que permiten aplicar fuerzas controladas y sostenidas sobre dientes, huesos y tejidos blandos con el fin de generar movimientos específicos, inducir remodelación ósea, reestablecer patrones funcionales y corregir discrepancias

dentales o esqueléticas. En un sentido amplio, los aparatos ortodóncicos pueden actuar en tres niveles fundamentales⁶⁹⁻⁷⁰:

Nivel dentoalveolar: mediante el movimiento dental dentro del hueso alveolar por procesos de remodelación fisiológica, lo que permite corregir apiñamientos, diastemas, rotaciones, inclinaciones y otras irregularidades propias de la maloclusión.

Nivel esquelético: donde los aparatos funcionales u ortopédicos buscan modificar la dirección o magnitud del crecimiento maxilofacial, especialmente durante la etapa de crecimiento activo, permitiendo influir sobre patrones como la retrognatia mandibular, la discrepancia transversal maxilar o la verticalidad facial.

Nivel funcional: al intervenir sobre la actividad muscular, respiratoria, postural y neuromuscular, favoreciendo el equilibrio entre lengua, labios, músculos periorales y articulación temporomandibular, lo cual es esencial para lograr estabilidad a largo plazo.

Los aparatos pueden ser fijos o removibles, y su elección depende de múltiples factores como la edad del paciente, tipo de maloclusión, cooperación esperada, objetivos terapéuticos y fase del tratamiento. Los aparatos fijos se encuentran cementados o adheridos a los dientes y actúan de manera continua, sin depender del cumplimiento del paciente; incluyen brackets convencionales o autoligables, arcos, tubos, bandas, microtornillos de anclaje y dispositivos funcionales fijos como Herbst, Forsus o MARA. Los aparatos removibles, por su parte, pueden ser colocados y retirados por el paciente, y suelen utilizarse para ortopedia funcional, expansión dentoalveolar o correcciones menores; su efectividad depende en gran medida del tiempo de uso⁷⁰.

Desde una perspectiva biomecánica, todos los aparatos se diseñan de acuerdo con principios fundamentales del movimiento dental: aplicación de fuerzas ligeras, controladas, sostenidas y dirigidas, que provocan una respuesta tisular que incluye reabsorción ósea en el lado de presión y aposición en el lado de tensión.

Asimismo, en el ámbito ortopédico, los aparatos buscan modificar patrones de crecimiento, redirigir fuerzas musculares o intervenir sobre la postura mandibular, aprovechando la plasticidad ósea propia de la adolescencia^{69,70}.

Los aparatos ortodóncicos no solo cumplen una función mecánica, sino también diagnóstica y preventiva, ya que permiten evaluar la respuesta del paciente, modificar hábitos disfuncionales y establecer un entorno favorable para el desarrollo adecuado del sistema estomatognático. Su diseño ha ido evolucionando conforme avanza la tecnología, incorporando nuevos materiales como aleaciones metálicas de memoria de forma, polímeros optimizados, sistemas Computer Aided Desing/ Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM), impresión 3D y aparatología basada en alineadores transparentes^{71,72}.

Los aparatos para el crecimiento mandibular son dispositivos ortopédicos utilizados durante la etapa de crecimiento del paciente con el objetivo de estimular, redirigir o modificar el desarrollo mandibular, especialmente en casos de maloclusión clase II por retrognatía mandibular. Estos buscan adelantar funcionalmente la mandíbula y aprovechar el potencial de crecimiento para mejorar la relación maxilomandibular; estos dispositivos pueden ser removibles, como el activador, el bionator o el Twin Block, que actúan modificando la actividad muscular al posicionar la mandíbula hacia adelante, o fijos, como el Herbst, MARA, Forsus o PowerScope, que mantienen una protrusión mandibular continua sin depender de la cooperación del paciente. Su mecanismo combina efectos esqueléticos, principalmente remodelación condilar y adaptación de los tejidos circundantes, con movimientos dentoalveolares que contribuyen a la corrección clínica. La elección del aparato depende del estadio de crecimiento, la severidad de la discrepancia esquelética y la cooperación esperada, siendo más efectiva la intervención durante el crecimiento activo. Aunque los cambios esqueléticos generados por estos aparatos suelen ser moderados, los dispositivos modernos han optimizado su capacidad terapéutica integrándose a la aparatología fija y mejorando su eficiencia, mientras que la estabilidad a largo plazo requiere un adecuado control funcional, vertical y oclusal⁷³⁻⁷⁶.

3.2.10.1. Aparatos fijos o funcionales

Los aparatos funcionales fijos son dispositivos ortopédicos diseñados para modificar la posición mandibular y la función muscular al mantener la mandíbula adelantada de manera continua, sin depender de la cooperación del paciente. Actúan transmitiendo fuerzas producidas por la musculatura orofacial y por la propia mecánica del aparato, generando efectos tanto dentoalveolares como esqueléticos que contribuyen a corregir discrepancias sagitales, especialmente en maloclusiones Clase II por retrognatia⁷⁶⁻⁷⁷.

3.2.10.1.1. Herbst

Es uno de los dispositivos funcionales fijos más utilizados para corregir la maloclusión Clase II por retrognatia mandibular, y los textos recientes de ortodoncia coinciden en que su eficacia radica en su capacidad para mantener la mandíbula adelantada de manera continua, sin depender de la cooperación del paciente. El aparato Herbst consiste en un sistema bilateral de tubos y pistones telescópicos que se fijan a las arcadas superior e inferior mediante bandas, coronas o aditamentos adheridos, de modo que el mecanismo empuja la mandíbula hacia adelante de forma constante durante la función oral. Este avance mandibular sostenido genera una relación sagital más favorable entre maxilar y mandíbula, estimulando adaptaciones esqueléticas en pacientes en crecimiento mediante remodelación condilar y cambios en la fosa glenoidea, mientras que a nivel dentoalveolar produce efectos complementarios como distalización de molares superiores, mesialización de molares inferiores y una posible proinclinación de incisivos inferiores⁷⁸⁻⁸⁰.

3.2.10.1.2. Mars-Jacobson

Es un aparato funcional fijo diseñado para corregir la maloclusión Clase II por retrognatia mandibular. Se caracteriza por ser un dispositivo que mantiene la mandíbula adelantada de forma continua mediante topes metálicos ubicados en las bandas de los primeros molares superiores e inferiores. Cuando el paciente cierra la boca, los topes superiores empujan los inferiores hacia adelante, obligando a la mandíbula a adoptar una posición más protrusiva durante la función^{81,82}.

El diseño del MARA es más robusto y menos voluminoso que otros aparatos fijos funcionales, ya que no utiliza mecanismos telescópicos, a diferencia del Herbst. Sus componentes se cementan directamente a las bandas molares, lo que ofrece gran estabilidad y mínima dependencia de la cooperación del paciente. Su acción prolongada favorece cambios ortopédicos en pacientes en crecimiento, como remodelación condilar y cambios en la fosa glenoidea, además de efectos dentoalveolares como distalización dental superior, mesialización de molares inferiores y proclincación leve de incisivos⁸³⁻⁸⁶.

3.2.10.1.3. Carriere

Es un dispositivo ortodóntico diseñado para la corrección temprana de la relación sagital Clase II o Clase III antes de iniciar el alineamiento dental. Su función principal es distalizar en bloque el segmento posterior de la arcada superior en Clase II o avanzar el segmento posterior inferior, en Clase III, generando una relación canina y molar adecuada mediante fuerzas ligeras y continuas, generalmente en conjunto con el uso de elásticos intermaxilares. El aparato está compuesto por una barra rígida y anatómica que se extiende del canino al primer molar, cementada directamente sobre las superficies dentales mediante adhesivo. Su diseño minimalista y de bajo perfil mejora la comodidad del paciente y permite un tratamiento estético y eficiente, reduciendo la duración de la fase de corrección sagital en comparación con mecánicas convencionales. El mecanismo del Carriere se basa en la aplicación de un momento de rotación y distalización controlada sobre el segmento posterior maxilar, mientras que los elásticos generan la tracción necesaria para avanzar la mandíbula o estabilizar la arcada opuesta. Este sistema produce cambios dentoalveolares controlados sin recurrir a aparatología voluminosa o fija compleja, lo que lo ha convertido en una alternativa moderna a dispositivos como Herbst, Forsus o Jasper Jumper en pacientes que requieren una corrección temprana del plano sagital⁸⁶⁻⁸⁹.

3.2.10.1.4. Aparato distalizador Sistema modular de Wilson

Es un conjunto de aparatos ortodóncicos diseñados para producir movimientos tridimensionales controlados, entre ellos la distalización de molares superiores en el tratamiento de maloclusiones Clase II. Su funcionamiento se basa en módulos intercambiables confeccionados con alambres de acero de alta resiliencia que se insertan en tubos molares y slots específicos, permitiendo generar fuerzas suaves y continuas sin requerir aparatología voluminosa. El distalizador del sistema utiliza resortes y brazos activos que aplican una fuerza distal directa sobre los primeros molares, acompañada de un efecto de anclaje en dientes anteriores o mediante arcos auxiliares. Su diseño flexible facilita ajustes progresivos, buena tolerancia del paciente y la posibilidad de combinarlo con otras mecánicas de anclaje o alineación. Este sistema destaca por su capacidad para controlar no solo el movimiento distal, sino también inclinación, rotación y torque del molar durante la corrección sagital, lo que lo convierte en una herramienta versátil dentro de la fase inicial del tratamiento ortodóncico^{89,90}.

3.2.10.1.5. Jasper Jumper

Es un dispositivo ortodóncico funcional fijo diseñado para corregir discrepancias sagitales, principalmente la maloclusión Clase II por retrognatia mandibular. Se compone de un par de módulos flexibles fabricados con un núcleo interno de aleación metálica rodeado por un recubrimiento de poliuretano, lo que le otorga elasticidad y permite la aplicación de fuerzas continuas y de magnitud moderada. Cada módulo se conecta desde el arco superior, generalmente en el área del molar o del tubo del primer molar, hasta el arco inferior, en la región del canino o del primer premolar, manteniéndose activo durante toda la función oral²².

A diferencia de los aparatos rígidos como Herbst o Forsus, el Jasper Jumper actúa como un resorte flexible que guía el adelantamiento mandibular sin limitar la apertura bucal y con menor incomodidad. Su mecanismo produce protrusión dentoalveolar mandibular, ligera distalización y verticalización del sector posterior maxilar, y modificación funcional de la postura mandibular, lo que contribuye a

mejorar la relación sagital en adolescentes en crecimiento. Su diseño pequeño y adaptable permite integrarlo con brackets convencionales sin requerir estructuras voluminosas o excesivamente rígidas^{90,91}.

3.2.10.1.6. Forsus

Es un dispositivo funcional fijo de avance mandibular utilizado para la corrección de la maloclusión Clase II, particularmente en pacientes con retrognatia mandibular. Se compone de un muelle telescópico de aleación de níquel-titanio, diseñado para ofrecer una fuerza continua y resistente a la fatiga, que se inserta entre el arco superior (en la región del primer molar) y el arco inferior (generalmente en el segmento canino-premolar). Su diseño flexible permite un rango amplio de apertura y cierre sin interferir significativamente con la función oral, lo que mejora la comodidad del paciente y reduce el riesgo de fracturas en comparación con dispositivos rígidos. Al ejercer una fuerza constante de avance sobre la mandíbula. Produce efectos ortopédicos moderados en pacientes en crecimiento, incluyendo remodelación condilar y cambios en la relación sagital, además de efectos dentoalveolares como la distalización del sector posterior superior, la mesialización de molares inferiores y la proinclinación de incisivos mandibulares. Debido a su carácter fijo y automatizado, no depende de la cooperación del paciente y se integra fácilmente a sistemas de aparatología fija, lo que lo convierte en una alternativa eficiente al Herbst, Jasper Jumper o Power Scope dentro del manejo contemporáneo de la Clase II^{92,93}.

3.2.10.1.7. AdvanSync 2

Es un aparato funcional fijo diseñado para la corrección de la maloclusión Clase II asociada a retrognatia mandibular, integrándose directamente a la aparatología fija mediante brazos metálicos articulados que se anclan a los primeros molares superiores e inferiores. Su mecanismo consiste en mantener la mandíbula adelantada de forma continua, generando fuerzas sagitales que estimulan una posición mandibular más protrusiva y permiten tanto adaptaciones dentoalveolares como mesialización de molares inferiores y distalización relativa de los superiores,

como posibles cambios ortopédicos en pacientes en crecimiento, incluyendo remodelación condilar y ajustes en la fosa glenoidea. Al no depender de la cooperación del paciente, ofrece una acción constante y predecible, favoreciendo una corrección sagital más eficiente que los aparatos removibles tradicionales. Su diseño compacto facilita el uso simultáneo con brackets, lo que optimiza la mecánica del tratamiento y reduce tiempos clínicos, aunque requiere un control biomecánico cuidadoso para evitar efectos secundarios indeseados en la alineación o el torque dental^{94,95,96}.

3.2.10.1.8. Power Scope

Es un aparato funcional fijo diseñado para la corrección de la maloclusión Clase II por retrognatia mandibular, el cual se instala directamente entre los arcos dentales superior e inferior y actúa mediante un sistema telescópico con resortes internos que generan una fuerza continua de avance mandibular. Su mecanismo produce simultáneamente una fuerza distal sobre el maxilar superior y una fuerza mesial sobre la mandíbula, promoviendo una relación sagital más adecuada y favoreciendo cambios dentoalveolares como distalización de molares superiores y mesialización de los inferiores, y en pacientes en crecimiento, posibles adaptaciones ortopédicas como remodelación condilar o ajustes en la fosa glenoidea. Al ser un dispositivo fijo, no depende de la cooperación del paciente y ofrece una acción constante, compacta y compatible con brackets convencionales, lo que lo convierte en una alternativa eficiente para la corrección de la Clase II, aunque requiere control clínico cercano para evitar efectos no deseados como proinclinación de incisivos o alteraciones en el anclaje⁸³⁻⁹⁷.

3.2.10.1.9. Ertty gap II

El aparato Ertty Gap II es un aparato funcional removible utilizado en ortodoncia principalmente para el tratamiento de la maloclusión Clase II, en especial en pacientes en crecimiento con retrognatia mandibular, cuyo objetivo es estimular el adelantamiento de la mandíbula, mejorar la relación sagital maxilomandibular y disminuir el overjet mediante el aprovechamiento de las fuerzas musculares

fisiológicas. Su funcionamiento se basa en el reposicionamiento mandibular en una posición adelantada predeterminada cuando el paciente ocluye, lo que altera el equilibrio neuromuscular normal y obliga a los músculos masticatorios y periorales a adaptarse a una nueva postura funcional; esta actividad muscular sostenida genera fuerzas de baja intensidad y larga duración que se transmiten a la articulación temporomandibular, a la mandíbula y al maxilar, favoreciendo procesos de adaptación muscular, remodelación ósea y cambios dentoalveolares, particularmente eficaces durante el crecimiento activo. Desde el punto de vista estructural, el Ertty Gap II está confeccionado principalmente en resina acrílica y se compone de dos bloques acrílicos, uno superior y uno inferior, que interactúan entre sí durante el cierre mandibular para inducir la protrusión de la mandíbula, permitiendo al mismo tiempo cierta libertad funcional que mejora la comodidad y la aceptación del aparato; además, puede incorporar elementos auxiliares como arcos vestibulares o ganchos de retención para aumentar su estabilidad intraoral, y su diseño busca ser menos voluminoso que los activadores monobloque tradicionales, facilitando la adaptación neuromuscular progresiva. tratamiento de maloclusiones Clase II esqueléticas con Ertty GAP II⁹⁸.

3.2.10.2. Aparatos removibles

Los aparatos removibles en ortodoncia constituyen una herramienta terapéutica ampliamente utilizada para modificar la posición dentaria, influir en el crecimiento maxilofacial y corregir hábitos disfuncionales, especialmente en pacientes en crecimiento. A diferencia de la aparatología fija, estos dispositivos pueden colocarse y retirarse por el propio paciente, lo que permite una intervención flexible y dirigida a objetivos específicos como expansión transversal, correcciones dentoalveolares limitadas, estímulo ortopédico o reeducación funcional. Su diseño suele incluir bases acrílicas, retenedores, resortes o tornillos de expansión que actúan mediante fuerzas ligeras y controladas^{99,100}.

3.2.10.2.1. Pistas Planas

Las pistas planas son dispositivos ortopédicos y ortodóncicos utilizados principalmente en dentición temporal y mixta para modificar la postura mandibular, corregir interferencias oclusales y favorecer un patrón funcional más equilibrado en niños. Su diseño consiste en superficies acrílicas lisas y planas, generalmente ubicadas en las caras oclusales de molares o incisivos, que actúan como rampas que guían la mandíbula hacia una posición más adecuada durante el cierre y la función. Estas pistas generan un deslizamiento controlado que obliga a la mandíbula a adoptar una relación céntrica o una posición terapéutica que corrija desviaciones laterales, mordidas cruzadas funcionales o discrepancias sagitales leves. En muchos casos se usan para tratar mordidas cruzadas posteriores funcionales en dentición temporal, ayudando a eliminar la interferencia que desvía la mandíbula y permitiendo que el crecimiento se retome en un patrón simétrico. Su mecanismo se basa en modificar la dinámica oclusal y la posición mandibular, más que en aplicar fuerzas ortodóncicas directas. Al cambiar la guía y los contactos dentarios, se restablece una función neuromuscular más equilibrada y se reduce la actividad compensatoria de los músculos masticatorios. Son dispositivos removibles o semirremovibles, de manejo relativamente sencillo y muy útiles en ortopedia temprana, aunque requieren supervisión clínica adecuada para evitar contactos no deseados o alteraciones del plano oclusal¹⁰¹⁻¹⁰³.

3.2.10.2.2. Bionator

es un aparato funcional removible de ortodoncia diseñado originalmente por el ortodoncista Wilhelm Balters en la década de 1950 y se utiliza principalmente para el tratamiento de maloclusiones Clase II, especialmente cuando existe retrusión mandibular y desajustes en la relación sagital entre maxilar y mandíbula. Es un dispositivo que actúa modificando la postura de la mandíbula al mantenerla en una posición adelantada durante el uso, lo que estimula adaptaciones musculares y esqueléticas durante el crecimiento y puede mejorar la relación entre maxilar y mandíbula, reducir overjet y favorecer una mejor función orofacial. El Bionator se fabrica con una base de resina acrílica que abarca ambas arcadas dentales y puede

incluir elementos metálicos como arcos labiales, arcos palatinos o resortes, dependiendo del diseño específico, con la finalidad de guiar las fuerzas musculares y la función de la lengua y los labios para influir en el crecimiento y desarrollo de las estructuras dentofaciales. Se recomienda su uso en pacientes jóvenes en crecimiento para aprovechar el potencial biológico de remodelación ósea y reeducación muscular¹⁰⁴.

3.2.10.2.3. Frankel II

también conocido como regulador de función de Frankel tipo II (FR II), es un aparato funcional removible utilizado en ortodoncia para el tratamiento de la maloclusión Clase II, tanto en su división 1 como en algunos casos de división 2, y fue diseñado por Rolf Frankel con base en el concepto de ortopedia funcional de los tejidos blandos. Su objetivo principal es modificar la función muscular perioral y eliminar las presiones anormales de labios, mejillas y mentón que pueden interferir con el desarrollo normal de los maxilares, favoreciendo así un crecimiento más armónico del complejo craneofacial en pacientes en crecimiento. El funcionamiento del Frankel II no se basa en la aplicación directa de fuerzas mecánicas sobre los dientes, sino en la expansión del espacio funcional oral mediante escudos vestibulares y almohadillas labiales que mantienen los músculos alejados de las arcadas dentoalveolares; al reducir estas presiones musculares y promover una postura mandibular más adelantada, se estimulan adaptaciones neuromusculares, cambios en la postura mandibular y remodelación ósea progresiva. Desde el punto de vista estructural, el aparato está compuesto por escudos vestibulares de resina acrílica ubicados en el vestíbulo bucal, almohadillas labiales superiores e inferiores, y una serie de alambres metálicos como el arco labial superior, el arco palatino y elementos linguales de conexión que estabilizan el conjunto; este diseño permite que los tejidos blandos actúen como el principal motor terapéutico, promoviendo cambios esqueléticos y funcionales sin interferir directamente con los dientes, lo que hace al Frankel II especialmente indicado durante las etapas activas de crecimiento¹⁰⁵.

3.3 Bases Legales

El propósito fundamental jurídicamente la realización de esta investigación, asegurando que su desarrollo se apega a las disposiciones vigentes en México relacionadas con la educación superior, la investigación científica y el acceso a la información. Incluir este marco normativo permite establecer que el estudio se lleva a cabo dentro de un contexto formalmente regulado, respetando los principios éticos, metodológicos y legales que rigen la producción de conocimiento en el país.

3.3.1. NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos

Esta norma establece los criterios normativos de carácter administrativo, ético y metodológico, que en correspondencia con la Ley General de Salud y el Reglamento en materia de investigación para la salud, son de observancia obligatoria para solicitar la autorización de proyectos o protocolos con fines de investigación, para el empleo en seres humanos de medicamentos o materiales, respecto de los cuales aún no se tenga evidencia científica suficiente de su eficacia terapéutica o rehabilitadora o se pretenda la modificación de las

indicaciones terapéuticas de productos ya conocidos, así como para la ejecución y seguimiento de dichos proyectos.

Esta norma es de observancia obligatoria, para todo profesional de la salud, institución o establecimiento para la atención médica de los sectores público, social y privado, que pretendan llevar a cabo o realicen actividades de investigación para la salud en seres humanos, con las características señaladas en el objetivo de la presente norma¹⁰⁶.

3.3.2. Ley de Ciencia y Tecnología

Artículo 64: El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) diseñará e impulsará una estrategia nacional para democratizar la información Científica, Tecnológica y de Innovación, con el fin de fortalecer las capacidades del país para que el conocimiento universal esté disponible a los educandos, educadores, académicos, investigadores, científicos, tecnólogos y población en general. La estrategia buscará ampliar, consolidar y facilitar el acceso a la información científica, tecnológica y de innovación nacional e internacional a texto completo, en formatos digitales. Las instituciones de educación superior y Centros de Investigación podrán constituir Repositorios por disciplinas científicas y tecnológicas u otros que se determinen, a fin de diseminar la información científica y tecnológica que se derive de sus productos educativos y académicos, y en general de todo tipo de investigaciones que realicen, cualquiera que sea su presentación, de acuerdo con criterios de calidad y estándares técnicos que emita el CONACyT. Dichos Repositorios podrán establecerse a nivel de las instituciones y centros de investigación o mediante la creación de redes o asociaciones con otras instituciones, por disciplinas, por regiones u otros. El CONACyT emitirá los lineamientos a que se sujetarán los Repositorios a que se refiere la presente Ley¹⁰⁷.

Artículo 65: Por Acceso Abierto se entenderá el acceso a través de una plataforma digital y sin requerimientos de suscripción, registro o pago, a las investigaciones, materiales educativos, académicos, científicos, tecnológicos y de innovación, financiados con recursos públicos o que hayan utilizado infraestructura pública en su realización, sin perjuicio de las disposiciones en materia de patentes, protección de la propiedad intelectual o industrial, seguridad nacional y derechos de autor, entre otras, así como de aquella información que, por razón de su naturaleza o decisión del autor, sea confidencial o reservada

Artículo 66: Por Acceso a Recursos de Información Científica y Tecnológica de Calidad, se entenderá al conjunto de técnicas utilizadas para buscar, categorizar y acceder de manera inequívoca, al texto completo de publicaciones reconocidas por los sectores de ciencia, tecnología e innovación, y que son resultado de la revisión

por pares. El acceso al que se hace referencia también incluye bases de datos que contienen los registros de citas e información bibliográfica de artículos de revistas científicas y tecnológicas, tesis y disertaciones, protocolos, memorias de congresos y patentes, entre otros.

Artículo 67: El Acceso Abierto y el Acceso a la Información Científica, Tecnológica y de Innovación, tendrán la finalidad de fortalecer la capacidad científica, tecnológica y de innovación del país para que el conocimiento universal esté disponible, a texto completo y en formatos digitales a los educandos, educadores, académicos, investigadores, científicos, tecnólogos y población en general.

3.2.3. ley federal del derecho de autor

Artículo 147: Se considera de utilidad pública la publicación o traducción de obras literarias o artísticas necesarias para el adelanto de la ciencia, la cultura y la educación nacionales. Cuando no sea posible obtener el consentimiento del titular de los derechos patrimoniales correspondientes, y mediante el pago de una remuneración compensatoria, el Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Cultura, de oficio o a petición de parte, podrá autorizar la publicación o traducción mencionada. Lo anterior será sin perjuicio de los tratados internacionales sobre derechos de autor y derechos conexos suscritos y aprobados por México¹⁰⁸.

Artículo 148: Las obras literarias y artísticas ya divulgadas podrán utilizarse, siempre que no se afecte la explotación normal de la obra, sin autorización del titular del derecho patrimonial y sin remuneración, citando invariablemente la fuente y sin alterar la obra, sólo en los siguientes casos⁹⁹:

- I. Cita de textos, siempre que la cantidad tomada no pueda considerarse como una reproducción simulada y sustancial del contenido de la obra.
- II. Reproducción de artículos, fotografías, ilustraciones y comentarios referentes a acontecimientos de actualidad, publicados por la prensa o difundidos por la radio o la televisión, o cualquier otro medio de difusión, si esto no hubiere sido expresamente prohibido por el titular del derecho.

- III. Reproducción de partes de la obra, para la crítica e investigación científica, literaria o artística.
- IV. Reproducción por una sola vez, y en un sólo ejemplar, de una obra literaria o artística, para uso personal y privado de quien la hace y sin fines de lucro. Las personas morales no podrán valerse de lo dispuesto en esta fracción salvo que se trate de una institución educativa, de investigación, o que no esté dedicada a actividades mercantiles.
- V. Reproducción de una sola copia, por parte de un archivo o biblioteca, por razones de seguridad y preservación, y que se encuentre agotada, descatalogada y en peligro de desaparecer.
- VI. Reproducción para constancia en un procedimiento judicial o administrativo; Fracción reformada DOF 17-03-2015.
- VII. Reproducción, comunicación y distribución por medio de dibujos, pinturas, fotografías y procedimientos audiovisuales de las obras que sean visibles desde lugares públicos; y Fracción reformada DOF 17-03-2015.
- VIII. Publicación y representación de obra artística y literaria sin fines de lucro para personas con discapacidad. Las entidades autorizadas o reconocidas podrán valerse de lo dispuesto en esta fracción, bajo los términos de los tratados internacionales suscritos y aprobados por los Estados Unidos Mexicanos.

3.4 Variables

3.4.1. Evolución del conocimiento

Desarrollo progresivo, transformación y refinamiento del conocimiento humano a lo largo del tiempo. Incluyendo nuevas ideas, teorías, descubrimientos e interpretaciones¹⁰⁹.

Medición: la contabiliza de acuerdo al año en que es publicado el artículo científico

Tipo: cuantitativa discreta de intervalo.

3.4.2. Mecanismo biomecánico de la propulsión mandibular

Es el conjunto de procesos mediante los cuales la propulsión de la mandíbula, inducida por aparatos ortodónticos funcionales, genera cambios adaptativos en estructuras óseas, musculares y dentoalveolares¹¹⁰.

Medición: estímulo de crecimiento condilar, remodelación ósea, reposición mandibular, cambios musculares, cambios dentoalveolares

Tipo: cualitativo nominal

3.4.3 Dispositivos ortopédico funcional

Los dispositivos ortopédicos-funcionales son aparatos de ortodoncia, fijos o removibles, diseñados para influir en la función muscular, postura mandibular y crecimiento craneofacial, de modo que modifiquen las relaciones esqueléticas y dentoalveolares. Su acción no se limita al movimiento dental, sino que busca modificar la posición mandibular, estimular crecimiento óseo o remodelación, y promover una nueva configuración funcional de la mandíbula y maxilares¹¹¹.

Medición: Herbst, Mars-Jacobsn, Carriere, Aparato distalizador Sistema modular de Wilson, Jasper Jumper, Forzues, AdvanSync 2 (American), Power Scope, Pistas Planas.

Tipo: Cuantitativo discreta

3.4.4. Mecanismo de acción del dispositivo

Es el modo por el cual un aparato ortopédico-funcional genera cambios en la mandíbula, maxilares y estructuras dentoalveolares¹¹².

Medición: avance mandibular continuo, avance mandibular intermitente, estímulo dentoalveolar, estímulo esquelético

Tipo: cualitativa nominal

3.4.5. Eficacia clínica de las correcciones clase II

La capacidad de un tratamiento ortodóncico para generar mejoras objetivas y cuantificables en los parámetros esqueléticos, dentoalveolares y funcionales que reflejan la corrección de la maloclusión Clase II, tal como se evidencia en cambios medidos en estudios científicos publicados.

Medición: Cambios ANB, Wits Cambios mandibulares co-gn pog adelantado
Relación molar Overjet

Tipo: Cuantitativo frecuencia

3.4.6. Diseño y nivel de evidencia del estudio

clasificación metodológica de cada artículo según su tipo de investigación y el grado de confiabilidad o solidez científica de la evidencia que aporta.

Medición: Ensayo clínico aleatorizado, Estudio comparativo, Cohorte, Revisión sistemática /meta-análisis, Estudios retrospectivo, Caso clínico.

Tipo: Cuantitativo

4. Justificación

La maloclusión Clase II por retrognatia mandibular constituye uno de los problemas dentofaciales más frecuentes en la población infantil y adolescente, posicionándose como una de las alteraciones ortopédicas más relevantes en el ámbito odontológico y ortodóncico. Según revisiones sistemáticas globales, en dentición permanente la prevalencia de maloclusiones Clase II alcanza aproximadamente un 19.6 % de la población, aunque esta cifra varía según región, edad y criterios de diagnóstico. Estudios específicos en población pediátrica han reportado prevalencias que van del 16.1 % en niños de 6 a 12 años en Tacna, Perú, hasta un 37.5 % en muestras de clínicas odontopediátricas, evidenciando la heterogeneidad de su distribución. Esta magnitud epidemiológica refleja no solo un alto impacto clínico, sino también una creciente demanda de tratamientos ortopédicos funcionales dirigidos a modificar el patrón de crecimiento mandibular mediante mecanismos de propulsión. La diversidad de enfoques terapéuticos, dispositivos y fundamentos biomecánicos reportados pone de manifiesto la necesidad de sintetizar y analizar la evolución del conocimiento científico disponible, con el objetivo de optimizar estrategias de diagnóstico y tratamiento¹¹³⁻¹¹⁵.

La retrognatia mandibular puede generar alteraciones en la oclusión, compromiso estético facial, disfunción temporomandibular, dificultades respiratorias y afectaciones psicosociales relacionadas con la autoimagen y la interacción social durante etapas críticas del desarrollo. Además, una clase II no tratada oportunamente puede evolucionar hacia discrepancias esqueléticas severas que requieren intervenciones más complejas y costosas en la vida adulta, como cirugía ortognática, lo que incrementa el impacto económico y de salud pública. Los pacientes en crecimiento representan un grupo crítico, ya que la ventana terapéutica para influir en el desarrollo mandibular es limitada y dependiente de la maduración esquelética. La selección inadecuada de abordajes terapéuticos, el uso empírico de dispositivos o la falta de comprensión de sus mecanismos de acción pueden

conducir a resultados subóptimos o a la pérdida de oportunidades de tratamiento eficaz durante los picos de crecimiento^{116,117}.

La presente investigación pretende ofrecer una revisión sistemática o revisión narrativa estructurada aporta una contribución significativa al problema. Analizar la evolución científica de los mecanismos de propulsión mandibular, los fundamentos biomecánicos y la evidencia comparada de eficacia clínica permitirá clarificar qué intervenciones cuentan con respaldo sólido, cuáles presentan limitaciones y qué vacíos persisten en la literatura. Esto puede orientar la toma de decisiones clínicas fundamentadas, optimizar protocolos terapéuticos, reducir la variabilidad en la práctica profesional y favorecer intervenciones oportunas y costo-efectivas. Es factible realizar el presente proyecto porque se cuenta con acceso a plataformas con acceso a artículos científicos que permiten realizar una revisión bibliográfica detallada.

5. Hipótesis

5.1 Hipótesis alterna

La evidencia científica publicada muestra que los tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular han demostrado una eficacia clínica significativa en la corrección de la clase II por retrognatía en pacientes en crecimiento

5.2 Hipótesis Nula

La evidencia científica publicada no demuestra una eficacia clínica significativa de los tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular en la corrección de la clase II por retrognatía.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Analizar la evolución del conocimiento y de la evidencia científica sobre los mecanismos de propulsión mandibular en los tratamientos ortopédicos funcionales para la corrección de la clase II por retrognatia.

6.2 Objetivos específicos

1. Identificar los fundamentos biomecánicos reportados en la literatura sobre la propulsión mandibular aplicada a tratamientos ortopédicos funcionales en pacientes con clase II.
2. Clasificar los dispositivos ortopédicos funcionales utilizados históricamente para estimular la propulsión mandibular en la clase II, analizando sus mecanismos de acción reportados.
3. Evaluar la evidencia científica disponible sobre la eficacia clínica comparada entre los diferentes tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular para la corrección de clase II en pacientes en crecimiento.

7. Materiales y Métodos

7.1. Tipo de estudio: observacional, documental, retrospectivo, transversal, analítico, sin riesgo

7.2. Definición del universo de estudio: artículos científicos publicados en la literatura mundial que aborden tratamientos ortopédicos funcionales basados en propulsión mandibular para la corrección de la maloclusión clase II por retrognatía en pacientes en crecimiento

7.3. Tamaño de la muestra: Se obtuvo a través de un método estadístico basado en la fórmula de la muestra para población finita

$$n = \left(\frac{Z^2 P(1-p)}{e^2} \right)$$

Donde:

N:843

Z: valor z (1.96, 95% IC)

P: 0.5

e: 0.05 =5%

$$n = \left(\frac{1.96^2 0.5 (1-0.5)}{0.05^2} \right) \quad n = \left(\frac{3.8416 (0.25)}{0.0025} \right) \quad n = \left(\frac{0.9604}{0.0025} \right) = 384$$

$$n = \frac{N \text{ no}}{N + \text{no} - 1}$$

$$N+\text{no}-1= 843+384-1= 1226.16$$

$$N.\text{no}=843 \times 384.16=323,736.88$$

$$n = \frac{323736.88}{1226.16} = 264.11 = 264 \text{ artículos científicos}$$

7.4. Definición de las unidades de observación: Cada artículo científico individual que cumple los criterios de inclusión.

7.5. Criterios de inclusión: estudios que incluyan pacientes en crecimiento, diagnóstico de maloclusión clase II por retrognatía mandibular, artículos que evalúen tratamiento ortopédico funcional, artículos en inglés y español, revistas científicas indexadas.

7.6. Criterios de exclusión: estudios con adultos o que no estén en crecimiento, tratamientos que no sean ortopédico funcional, estudios sobre mecánica dental exclusivamente, en otro idioma que no sea inglés o español.

7.7. Criterios de eliminación: artículos duplicados detectados posteriormente, información insuficiente para extraer datos, artículos con metodología inconsistente, acceso incompleto o pérdida de disponibilidad.

7.8. Definición De Variables Y Unidades De Medida

Variable	Definición	Escala de la variable	Medición
Evolución del conocimiento	Desarrollo progresivo, transformación y refinamiento del conocimiento humano a lo largo del tiempo. Incluyendo nuevas ideas, teorías,	cuantitativa discreta de intervalo.	la contabiliza de acuerdo al año en que es publicado el artículo científico

	descubrimientos e interpretaciones ¹⁰⁰ .		
Mecanismo biomecánico de la propulsión mandibular	Es el conjunto de procesos mediante los cuales la propulsión de la mandíbula, inducida por aparatos ortodónticos funcionales, genera cambios adaptativos en estructuras óseas, musculares y dentoalveolares ¹⁰¹ .	cualitativo nominal	estimulo de crecimiento condilar, remodelación ósea, reposición mandibular, cambios musculares, cambios dentoalveolares
Dispositivos ortopédico funcional	Los dispositivos ortopédicos-funcionales son aparatos de ortodoncia, fijos o removibles, diseñados para influir en la función muscular, postura mandibular y crecimiento craneofacial, de modo que modifiquen las	Cuantitativo discreta	Herbst, Mars-Jacobsn, Carriere, Aparato distalizador Sistema modular de Wilson, Jasper Jumper, Forsus, AdvanSync 2 (American), Power Scope, Pistas Planas.

	relaciones esqueléticas y dentoalveolares. Su acción no se limita al movimiento dental, sino que busca modificar la posición mandibular, estimular crecimiento óseo o remodelación, y promover una nueva configuración funcional de la mandíbula y maxilares ¹⁰² .		
Mecanismo de acción del dispositivo	Es el modo por el cual un aparato ortopédico-funcional genera cambios en la mandíbula, maxilares y estructuras dentoalveolares ¹⁰⁴ .	cualitativa nominal	avance mandibular continuo, avance mandibular intermitente, estímulo dentoalveolar, estímulo esquelético
Eficacia clínica de las correcciones clase II	La capacidad de un tratamiento ortodóncico para generar mejoras objetivas y cuantificables en los	Cuantitativo frecuencia	Cambios ANB, Wits Cambios mandibulares co-gn pog adelantado

	parámetros esqueléticos, dentoalveolares y funcionales que reflejan la corrección de la maloclusión Clase II, tal como se evidencia en cambios medidos en estudios científicos publicados.		Relación molar Overjet
Diseño y nivel de evidencia del estudio	clasificación metodológica de cada artículo según su tipo de investigación y el grado de confiabilidad o solidez científica de la evidencia que aporta.	Cualitativo	Ensayo clínico aleatorizado Estudio comparativo Cohorte Revisión sistemática /meta-análisis Estudios retrospectivos Caso clínico

Tabla 3: Definición de variables.

7.9. Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información: Artículos científicos, Excel como programa estadístico.

7.10. Aspectos éticos: La realización del presente proyecto titulado “***Mecanismos de propulsión mandibular presente y pasado***”. Se encuentra fundamentada en la constitución de los Estados Unidos Mexicanos, reformada en el año 2025¹¹⁸.

A continuación, se señalan los artículos de la constitución de los Estados Unidos Mexicanos, en los que se sustenta el presente proyecto

- Artículo 4°
- Artículo 5°
- Artículo 6°
- Artículo 7°

7.10.1. Ley Orgánica de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo: dirige los próximos artículos correspondientes a los alumnos y servicio social.¹¹⁹

- Capítulo 1, De la naturaleza y atribuciones; Artículo 1. Artículo 2, Inciso 3.
- Capítulo 2, De las bases para una educación e investigación científica; Artículo 3, Inciso 1.
- Capítulo 3, De los Fines; Artículo 4. Artículo 5. Inciso 2.

En lo concerniente a las normas oficiales mexicanas de la secretaría de Salud, se mencionan las adecuadas al proyecto.

7.10.2. NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos

Esta norma establece los criterios normativos de carácter administrativo, ético y metodológico, que en correspondencia con la Ley General de Salud y el Reglamento en materia de investigación para la salud, son de observancia obligatoria para solicitar la autorización de proyectos o protocolos con fines de investigación, para el empleo en seres humanos de medicamentos o materiales,

respecto de los cuales aún no se tenga evidencia científica suficiente de su eficacia terapéutica o rehabilitadora o se pretenda la modificación de las indicaciones terapéuticas de productos ya conocidos, así como para la ejecución y seguimiento de dichos proyectos.

Esta norma es de observancia obligatoria, para todo profesional de la salud, institución o establecimiento para la atención médica de los sectores público, social y privado, que pretendan llevar a cabo o realicen actividades de investigación para la salud en seres humanos, con las características señaladas en el objetivo de la presente norma⁹⁷.

7.10.3. Ley de Ciencia y Tecnología

Artículo 64: El CONACyT diseñará e impulsará una estrategia nacional para democratizar la información Científica, Tecnológica y de Innovación, con el fin de fortalecer las capacidades del país para que el conocimiento universal esté disponible a los educandos, educadores, académicos, investigadores, científicos, tecnólogos y población en general. La estrategia buscará ampliar, consolidar y facilitar el acceso a la información científica, tecnológica y de innovación nacional e internacional a texto completo, en formatos digitales. Las instituciones de educación superior y Centros de Investigación podrán constituir Repositorios por disciplinas científicas y tecnológicas u otros que se determinen, a fin de disseminar la información científica y tecnológica que se derive de sus productos educativos y académicos, y en general de todo tipo de investigaciones que realicen, cualquiera que sea su presentación, de acuerdo con criterios de calidad y estándares técnicos que emita el CONACyT. Dichos Repositorios podrán establecerse a nivel de las instituciones y centros de investigación o mediante la creación de redes o asociaciones con otras instituciones, por disciplinas, por regiones u otros. El CONACyT emitirá los lineamientos a que se sujetarán los Repositorios a que se refiere la presente Ley⁹⁸.

Artículo 65: Por Acceso Abierto se entenderá el acceso a través de una plataforma digital y sin requerimientos de suscripción, registro o pago, a las investigaciones,

materiales educativos, académicos, científicos, tecnológicos y de innovación, financiados con recursos públicos o que hayan utilizado infraestructura pública en su realización, sin perjuicio de las disposiciones en materia de patentes, protección de la propiedad intelectual o industrial, seguridad nacional y derechos de autor, entre otras, así como de aquella información que, por razón de su naturaleza o decisión del autor, sea confidencial o reservada

Artículo 66: Por Acceso a Recursos de Información Científica y Tecnológica de Calidad, se entenderá al conjunto de técnicas utilizadas para buscar, categorizar y acceder de manera inequívoca, al texto completo de publicaciones reconocidas por los sectores de ciencia, tecnología e innovación, y que son resultado de la revisión por pares. El acceso al que se hace referencia también incluye bases de datos que contienen los registros de citas e información bibliográfica de artículos de revistas científicas y tecnológicas, tesis y disertaciones, protocolos, memorias de congresos y patentes, entre otros.

Artículo 67: El Acceso Abierto y el Acceso a la Información Científica, Tecnológica y de Innovación, tendrán la finalidad de fortalecer la capacidad científica, tecnológica y de innovación del país para que el conocimiento universal esté disponible, a texto completo y en formatos digitales a los educandos, educadores, académicos, investigadores, científicos, tecnólogos y población en general.

7.10.4. ley federal del derecho de autor

Artículo 147: Se considera de utilidad pública la publicación o traducción de obras literarias o artísticas necesarias para el adelanto de la ciencia, la cultura y la educación nacionales. Cuando no sea posible obtener el consentimiento del titular de los derechos patrimoniales correspondientes, y mediante el pago de una remuneración compensatoria, el Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Cultura, de oficio o a petición de parte, podrá autorizar la publicación o traducción mencionada. Lo anterior será sin perjuicio de los tratados internacionales sobre derechos de autor y derechos conexos suscritos y aprobados por México⁹⁹.

Artículo 148: Las obras literarias y artísticas ya divulgadas podrán utilizarse, siempre que no se afecte la explotación normal de la obra, sin autorización del titular del derecho patrimonial y sin remuneración, citando invariablemente la fuente y sin alterar la obra, sólo en los siguientes casos⁹⁹:

- I. Cita de textos, siempre que la cantidad tomada no pueda considerarse como una reproducción simulada y sustancial del contenido de la obra.
- II. Reproducción de artículos, fotografías, ilustraciones y comentarios referentes a acontecimientos de actualidad, publicados por la prensa o difundidos por la radio o la televisión, o cualquier otro medio de difusión, si esto no hubiere sido expresamente prohibido por el titular del derecho.
- III. Reproducción de partes de la obra, para la crítica e investigación científica, literaria o artística.
- IV. Reproducción por una sola vez, y en un sólo ejemplar, de una obra literaria o artística, para uso personal y privado de quien la hace y sin fines de lucro. Las personas morales no podrán valerse de lo dispuesto en esta fracción salvo que se trate de una institución educativa, de investigación, o que no esté dedicada a actividades mercantiles.
- V. Reproducción de una sola copia, por parte de un archivo o biblioteca, por razones de seguridad y preservación, y que se encuentre agotada, descatalogada y en peligro de desaparecer.
- VI. Reproducción para constancia en un procedimiento judicial o administrativo; Fracción reformada DOF 17-03-2015.
- VII. Reproducción, comunicación y distribución por medio de dibujos, pinturas, fotografías y procedimientos audiovisuales de las obras que sean visibles desde lugares públicos; y Fracción reformada DOF 17-03-2015.
- VIII. Publicación y representación de obra artística y literaria sin fines de lucro para personas con discapacidad. Las entidades autorizadas o reconocidas podrán valerse de lo dispuesto en esta fracción, bajo los términos de los tratados internacionales suscritos y aprobados por los Estados Unidos Mexicanos.

8. Cronograma de actividades

Actividad	Sep/oct	Nov/Dic	Ene/Feb	Marz/abr	Mayo/jun
Diseño de protocolo	X	X			
Autorización de protocolo		X			
Ejecución de la investigación	X	X	X		
Análisis de resultados			X		
Informe de avances	X	X	X		
Informe final				X	
Presentación de resultados				X	

Tabla 4: Cronograma de actividades

8.1. Recursos Humanos: M.O. Vidal Almanza Ávila, C.D. Giovanni Dorantes Ortega.

8.2. Recursos Materiales:

- Artículos científicos.
- Computadora
- Internet
- Base de datos en Excel

8.3. Recursos Financieros: Autofinanciado

8.4. Procedimiento Y Metodología:

El 09 de septiembre de 2025 se inició la redacción del proyecto de investigación y la organización del cronograma de actividades. El 21 de septiembre del mismo año se llevó a cabo una búsqueda sistemática en diversos artículos científicos y libros con el propósito de ofrecer al lector una visión actualizada del estado del arte. El 27 de noviembre del 2025 se elaboró el Anexo 1, en el cual se recopilaron los datos obtenidos de los artículos revisados, incluyendo los enlaces a publicaciones de revistas indexadas y no indexadas, tanto nacionales como internacionales, en idioma inglés. El 30 de noviembre, tras una revisión exhaustiva, se identificaron 843 artículos científicos relacionados con el tema, y posteriormente, mediante un análisis estadístico, se definió una población final de 264 artículos, con los cuales se procedió al llenado del Anexo 1. El 22 de diciembre concluyeron las actividades de depuración de datos en el programa estadístico Excel y, finalmente, el 6 de enero de 2026 se elaboraron las gráficas correspondientes para presentar un análisis sólido y cronológico de la evolución de los tratamientos ortodóncicos.

9. Resultados

La búsqueda literaria realizada en diversas plataformas científicas permitió obtener un total de 843 artículos publicados en revistas nacionales e internacionales, tanto en idioma español como en inglés. Para ello se utilizaron múltiples bases de datos y repositorios especializados, entre ellos Google Académico, PubMed, SciELO, Elsevier, ClinicalKey, Scopus, Web of Science, Wiley Online Library, SAGE Journals, Taylor & Francis Online, Oxford Academic Journals, ResearchGate, DOAJ, Latindex, Dialnet, Nature Publishing Group, así como otros recursos electrónicos de acceso abierto y suscripción. A partir de esta búsqueda inicial se conformó una población de 264 artículos científicos seleccionados por su pertinencia con el tema de estudio. Posteriormente, se excluyeron 109 artículos por encontrarse duplicados en diferentes plataformas, por no estar disponibles en texto completo o por requerir acceso restringido con costos excesivos, lo cual redujo la muestra final para el análisis.

De los 155 artículos evaluados, la distribución temporal abarcó publicaciones desde 1961 hasta 2025, lo que refleja una extensa trayectoria investigativa sobre el tema a lo largo de más de seis décadas. Los años con mayor productividad científica fueron 2022 y 2023, con 13 artículos publicados en cada uno, seguidos de 2021 y 2025, que registraron 10 artículos respectivamente. Este incremento reciente sugiere un interés creciente en el estudio de los mecanismos de propulsión mandibular y su aplicación clínica.

Por otra parte, la moda del conjunto estuvo representada por múltiples años en los que se identificó un solo artículo publicado, específicamente en 1961, 1963, 1968, 1984, 1985, 1988, 1991, 1992, 1994, 1995, 2000, 2005, 2006, 2008, 2009 y 2010. Esto indica patrones de producción científica esporádica en décadas previas, seguida de un aumento progresivo en periodos más recientes. La distribución completa de frecuencia por año puede visualizarse en la Figura 1.



Figura 1: Año de publicación de los artículos evaluados en plataformas científicas

Los artículos evaluados fueron obtenidos a partir de diversas plataformas científicas, las cuales se clasificaron conforme a su relevancia académica y a la naturaleza de sus repositorios. PubMed fue la fuente con mayor concentración de artículos indexados, con un total de 58 (53.21%). Asimismo, se identificó un número considerable de publicaciones provenientes de plataformas de amplio alcance y diversidad temática, tales como Academia.edu, OpenGrey, BioRxiv, Asian Journal of Dental Sciences, JSTOR, IEEE Xplore, ERIC y LILACS, entre otras. Debido a la heterogeneidad de estas fuentes, se agruparon en la categoría “Otros”, alcanzando un total de 77 artículos (70.64%). En menor proporción, SciELO aportó 8 artículos (7.33%), Elsevier 6 artículos (5.50%), ResearchGate 4 artículos (3.66%) y la revista Nature 2 artículos (1.83%). Figura 2.

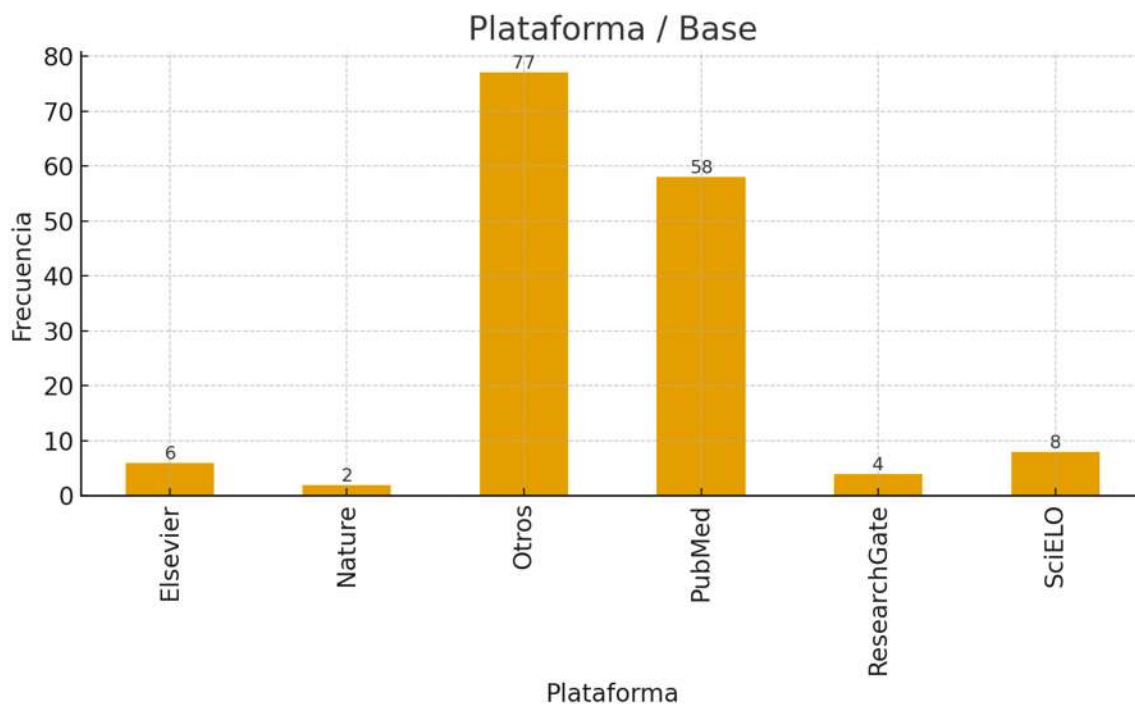


Figura 2: Plataformas científicas de las que fueron obtenidos los artículos y tesis para su evaluación

Como parte del proceso de evaluación, se determinó el diseño metodológico y el nivel de evidencia de cada documento con el propósito de valorar la solidez científica de la información recopilada. En esta clasificación se identificaron 54 documentos (49.54%) correspondientes a tesis de licenciatura, maestría y especialidad, así como artículos de actualización literaria. Asimismo, se registraron 39 estudios comparativos (35.77%), 18 artículos retrospectivos (16.51%), 17 revisiones sistemáticas o meta-análisis (15.59%), 14 reportes de casos clínicos (12.84%), 8 ensayos clínicos aleatorizados (7.33%) y 5 estudios de cohorte (4.58%). Esta distribución evidencia una predominancia de trabajos con niveles de evidencia moderados y bajos, como tesis académicas y estudios retrospectivos, mientras que los diseños de mayor rigor metodológico, tales como los ensayos clínicos aleatorizados y los estudios de cohorte, se presentaron en menor proporción. Figura 3.

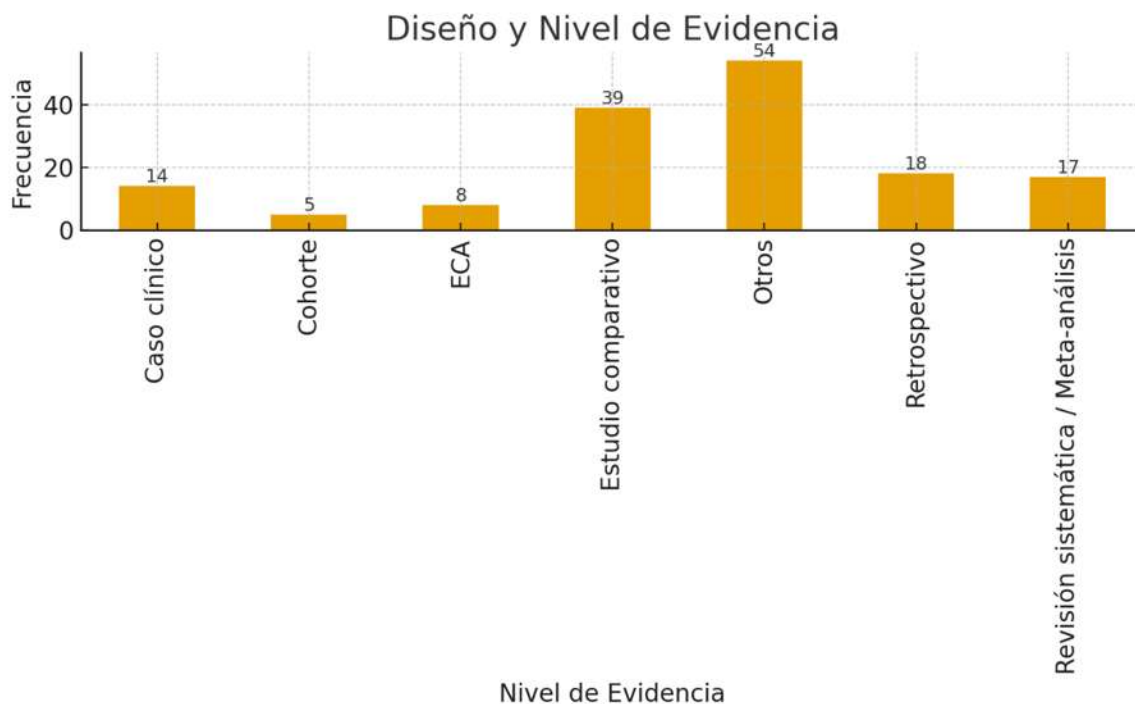


Figura 3: Nivel de evidencia de acuerdo al diseño de los artículos y tesis

La revisión literaria evidenció que existe un número considerable de artículos científicos que describen el uso combinado de distintos aparatos ortopédicos funcionales y de ortodoncia, empleados en diferentes etapas del tratamiento con el fin de optimizar los resultados clínicos en los pacientes. Esta tendencia se ha vuelto particularmente evidente en los artículos publicados desde 2007 hasta la actualidad, donde se observa una preferencia por la combinación de aparatos fijos y removibles, registrados en 52 estudios (50.45%).

De igual forma, 29 artículos (26.60%) reportaron el uso del aparato Herbst, mientras que 23 (21.10%) mencionaron al Twin Block. En 15 artículos (13.76%) se describió la utilización del Regulador Funcional de Frankel (FR-2), y en 10 publicaciones (9.17%) se reportó el empleo tanto del Bionator como del PowerScope. De igual manera, 7 artículos (6.42%) incluyeron el uso de Jasper Jumper y otros 7 (6.42%) el aparato MARA. Finalmente, solo 2 estudios (1.83%)

hicieron referencia al dispositivo AdvanSync. La distribución detallada puede observarse en la Figura 4.

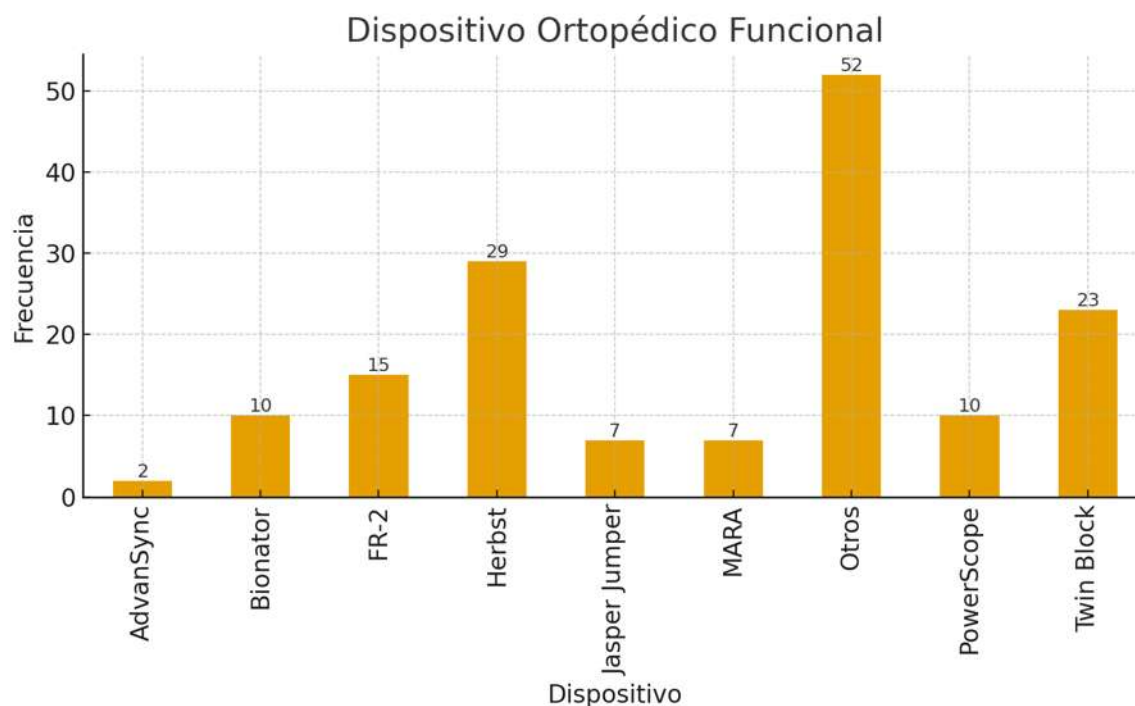


Figura 4: Recopilación de dispositivos ortopédicos funcionales empleados en los artículos científicos y tesis evaluadas.

El mecanismo de acción de los distintos aparatos utilizados en los tratamientos ortodóncicos es diverso, lo cual se relaciona con el tipo de avance o estímulo que generan sobre los tejidos orales. En los artículos revisados se observó que 81 (74.31%) corresponden a aparatos de avance continuo, caracterizados por mantener una proyección mandibular constante durante su uso. Por otra parte, 61 (55.96%) fueron clasificados como aparatos de avance intermitente, los cuales proporcionan estímulos funcionales en periodos alternados, usualmente dependientes del uso activo del paciente. Además, 9 artículos (9.25%) describieron mecanismos mixtos que combinan la estimulación dentoalveolar con el avance continuo. Finalmente, 4 estudios (3.66%) reportaron dispositivos cuyo efecto principal se basa en la estimulación dentoalveolar. Estos resultados se resumen en la Figura 5.

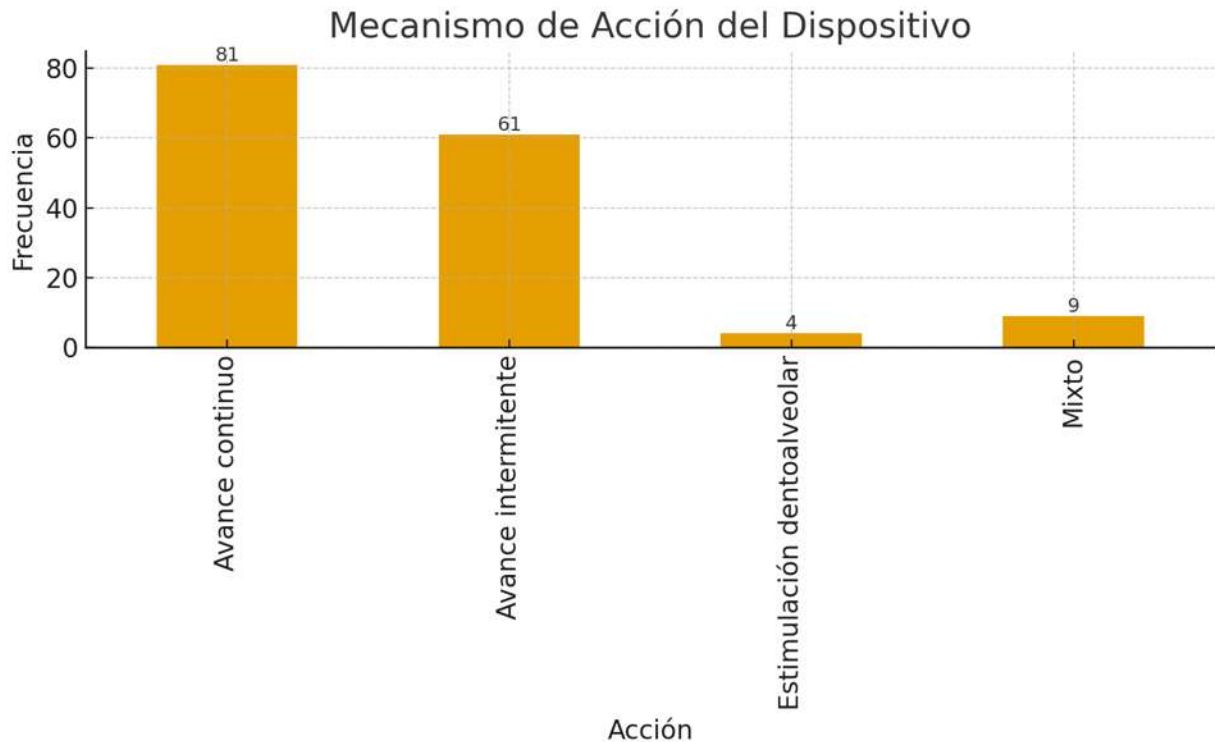


Figura 5: Mecanismo de acción de los aparatos empleados en los artículos científicos y tesis evaluadas

El mecanismo biomecánico empleado para influir en el desarrollo mandibular puede actuar sobre distintas zonas anatómicas o producir movimientos que favorecen el reposicionamiento y la remodelación de las estructuras craneofaciales. En los estudios analizados se identificó que 78 aparatos (71.55%) presentan un mecanismo mixto, ya que ejercen su efecto en múltiples áreas anatómicas de manera simultánea. Asimismo, 44 investigaciones (40.36%) se centraron en estimular el crecimiento condilar, lo cual constituye uno de los objetivos principales en los tratamientos ortopédicos para la corrección de discrepancias esqueléticas. Por otro lado, 18 artículos (16.51%) describen aparatos que generan cambios dentoalveolares, principalmente mediante la modificación de la posición de los dientes y el remodelado del hueso de soporte. De manera menos frecuente, 7 estudios (6.42%) reportaron mecanismos basados en el reposicionamiento mandibular directo, mientras que 6 (5.50%) se orientaron a la inducción de cambios

musculares derivados de la alteración funcional. Finalmente, 2 artículos (1.83%) exploraron la remodelación ósea como mecanismo principal. Figura 6.

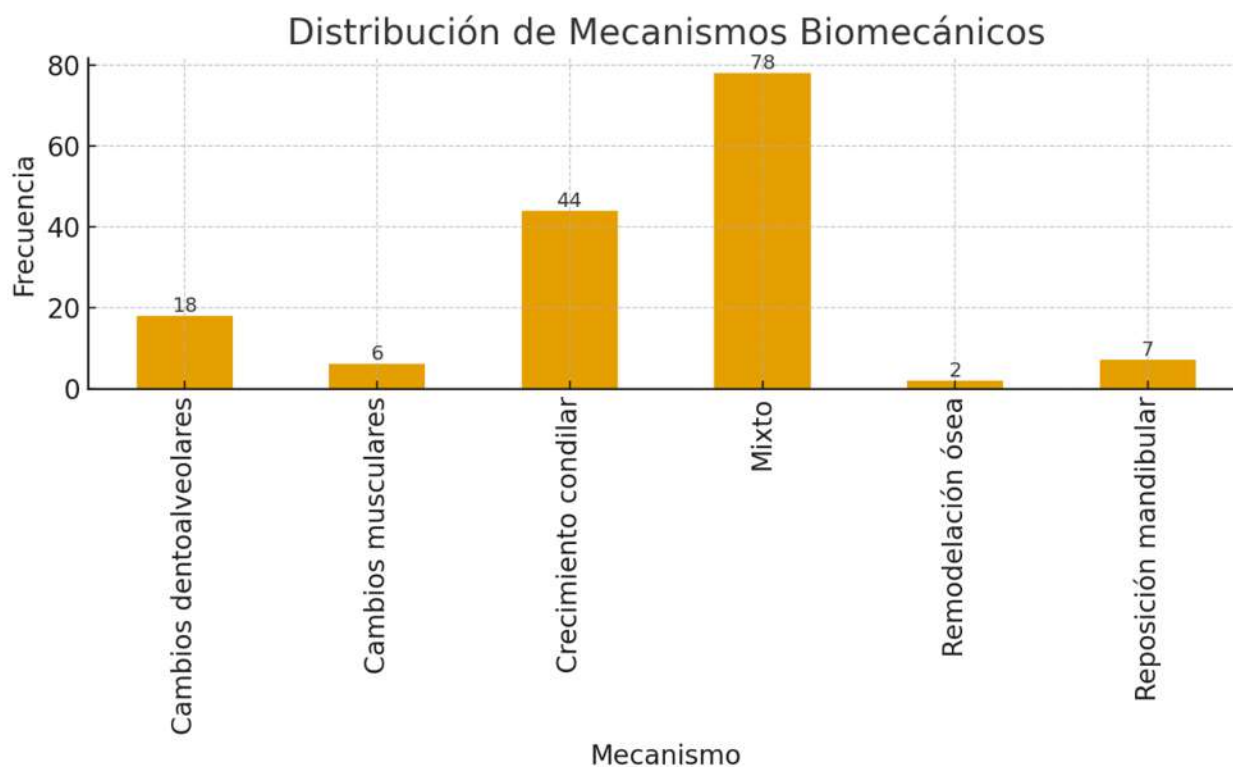


Figura 6: Mecanismo de acción biomecánico de los aparatos empleados en pacientes de los artículos científicos y tesis evaluadas

10. Discusión

La revisión de la literatura en múltiples plataformas web especializadas en artículos científicos, como PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Académico, evidenció que la información publicada en los últimos cinco años sobre el tratamiento de maloclusiones Clase II por retrognatía mandibular es todavía limitada. En particular, se observó una escasez de estudios que permitan comparar de manera directa y sistemática los resultados obtenidos mediante la aplicación de aparatos ortodóncicos fijos frente a removibles. Esta carencia evidencia la necesidad de investigaciones más exhaustivas y estandarizadas que evalúen la eficacia relativa de las diferentes técnicas, considerando factores como la edad del paciente, la fase de crecimiento y el tipo de aparatología utilizada, con el fin de orientar mejor la práctica clínica y el diseño de protocolos terapéuticos basados en evidencia.

Morán-Naranjo DA y Bautista-Rojas FD, en 2023. En su artículo intitulado “Propulsores mandibulares como tratamiento alternativo para la maloclusión clase II: Revisión narrativa”. Estudiaron un total de 27 artículos de literatura científica que abordaban los efectos de diversos aparatos propulsores mandibulares en pacientes con maloclusión clase II. Para ello, realizaron una evaluación de los cambios dentales, esqueléticos y de tejidos blandos, derivados por el uso de aparatos fijos y removibles. Encontrando que los propulsores mandibulares demostraron ser efectivos para corregir las características principales de la maloclusión clase II. Sin embargo, señalan que el éxito del tratamiento depende fuertemente del patrón de crecimiento facial del paciente y de la etapa de maduración esquelética al inicio del tratamiento. Por otra parte, se menciona que los mejores resultados se observaron en individuos que se encontraban en su pico de crecimiento. Los autores señalaron que los propulsores mandibulares representan una alternativa terapéutica válida y menos invasiva para la corrección de la maloclusión clase II⁶.

Salas C y Nuñez C, en 2024. En su estudio intitulado “Maloclusión clase II y su relación con trastornos temporomandibulares. Revisión de la literatura”. Revisaron la evidencia disponible acerca de la posible relación entre la maloclusión clase II y los trastornos temporomandibulares (TTM). Revisaron 13 estudios obtenidos mediante una búsqueda en PubMed con los términos “Temporomandibular Joint Disorders y Malocclusion, Angle Class II”. Encontrando que en algunos estudios la maloclusión clase II ha sido identificada como un posible factor predominante para el desarrollo de trastornos temporomandibulares, especialmente en lo que respecta a la anatomía y la posición de la articulación temporomandibular. No obstante, la evidencia resultó siendo controversial: no todos los estudios demostraron una asociación clara entre clase II y TTM. Discutiendo que, aunque algunos hallazgos sugieren una asociación entre maloclusión clase II y TTM, esta relación no puede considerarse definitiva. Exponen que la controversia puede deberse a variaciones en los criterios diagnósticos, diferentes metodologías entre estudios y diversas características de las muestras analizadas entre edad, tipo de maloclusión, criterios de evaluación de la Articulación temporomandibular (ATM). Por tanto, se demuestra que actúa como un factor predisponente pero no basta por sí sola, dado que los trastornos temporomandibulares tienen una etiología multifactorial, y que la clase II no debe considerarse como un factor determinante único⁷.

Rodríguez MC y Padilla-Tello MR, en 2015 en su artículo intitulado “Manejo temprano de la maloclusión clase II división 2. Revisión de la literatura” revisaron la evidencia disponible sobre la maloclusión clase II división 2 (II/2) y las diferentes opciones de tratamiento ortopédico maxilar para su corrección. En su revisión se analizaron diversos estudios publicados entre 1960 y 2015, buscando describir las características de la maloclusión II/2, su etiología, prevalencia, particularidades dentales, esqueléticas y faciales, así como los protocolos de tratamiento ortopédico, incluyendo expansión maxilar, aparatología fija o removible y aparatos funcionales para eventual avance mandibular. Identificando que la maloclusión clase II/2 se caracteriza por una alta variabilidad en su manifestación: puede presentar

retrognatismo mandibular y/o maxilar prognático, con alteraciones dentales como retroinclinación de incisivos superior centrales, overbite, overjet reducido, arco maxilar en forma de “U”, apiñamiento dentario y en algunos casos anomalías dentales asociadas. La etiología reportada fue multifactorial con un fuerte componente genético combinado con factores ambientales, dentales y de desarrollo craneofacial, lo que explica la heterogeneidad en su presentación. Mencionan que el tratamiento temprano con ortopedia funcional y ortopedia maxilar, mediante expansión transversal, proinclinación de incisivos superiores y uso de aparatos removibles y fijos según sea el caso, pueden corregir las alteraciones dentales y dento-esqueléticas, llevando muchas veces la maloclusión hacia una clase II/1. En contraste, el tratamiento ortopédico temprano, especialmente durante la dentición mixta o etapa de crecimiento, puede reducir la necesidad de intervención quirúrgica futura, disminuir la gravedad de las alteraciones del sistema estomatognático y mejorar los resultados estéticos, funcionales y faciales a largo plazo. De igual forma, explican que los aparatos funcionales son capaces de producir cambios esqueléticos importantes al modificar la dirección del crecimiento maxilo-mandibular mediante la estimulación neuromuscular, favoreciendo un nuevo patrón de desarrollo más armonioso⁸.

11. Conclusiones

La mayor parte de los dispositivos reportados en la literatura corresponden a aparatos de avance mandibular continuo, lo que indica una tendencia hacia mecanismos que mantienen estímulos prolongados sobre las estructuras maxilomandibulares. Asimismo, se identificó un uso creciente de combinaciones entre aparatos fijos y removibles en publicaciones recientes, lo que sugiere que los clínicos buscan optimizar la eficacia terapéutica mediante la integración de diferentes enfoques biomecánicos.

En cuanto a los fundamentos biomecánicos, la mayoría de los estudios coincidieron en que los mecanismos mixtos que actúan simultáneamente sobre distintas zonas anatómicas son los más representados en la literatura. Esto demuestra que los aparatos funcionales no generan un único tipo de respuesta, sino un conjunto de adaptaciones esqueléticas, dentoalveolares y musculares.

Respecto al tipo de evidencia científica disponible, se observó que la literatura está dominada por tesis académicas y estudios comparativos, mientras que los ensayos clínicos aleatorizados y los estudios de cohorte representan una proporción limitada. Esta distribución evidencia la necesidad de fortalecer la investigación con metodologías de mayor rigor para obtener conclusiones más sólidas sobre la eficacia terapéutica de cada aparato.

Los tratamientos ortopédicos funcionales para la corrección de la maloclusión Clase II por retrognatía han experimentado una evolución progresiva y constante a lo largo de más de seis décadas. Esta evolución se aprecia claramente en la literatura científica analizada, la cual abarca publicaciones desde 1961 hasta 2025, y refleja cambios tanto en el enfoque biomecánico como en la selección de dispositivos y en los criterios de evaluación clínica.

Los primeros estudios, correspondientes a las décadas de 1960 a 1980, se caracterizan por describir aparatos voluminosos, de uso estrictamente removible y basados principalmente en principios miofuncionales o en la simple postura

mandibular adelantada. Durante estos periodos tempranos predominaba una comprensión limitada del crecimiento condilar y de la respuesta adaptativa esquelética, por lo que los tratamientos se sustentaban más en observaciones clínicas que en evidencia científica robusta. La tendencia durante esta etapa inicial se centró en aparatos como el Bionator y los Reguladores Funcionales de Frankel, cuyo propósito principal era modificar la función perioral y armonizar la musculatura sin ejercer una fuerza dirigida constante.

Con la llegada de la década de 1990 y principios de los 2000, la literatura muestra un cambio notable: los tratamientos comienzan a orientarse hacia mecanismos de acción más predecibles, basados en el avance mandibular sostenido. Esto se relaciona con el creciente desarrollo de aparatología fija, como el Herbst, que permitió superar la dependencia de la cooperación del paciente. Los resultados de esta investigación confirman esta tendencia, ya que el Herbst fue uno de los aparatos más frecuentemente mencionados en los estudios analizados, representando una parte significativa de los dispositivos empleados a partir del año 2000.

Posteriormente, de 2007 a la actualidad, la evolución se ha caracterizado por la incorporación de aparatos híbridos, combinando dispositivos fijos de avance continuo con elementos removibles o asistidos por ortodoncia fija. Según los resultados obtenidos, 52 artículos (50.45%) mencionan la colocación conjunta de múltiples aparatos, lo que evidencia una clara transición hacia tratamientos combinados diseñados para optimizar la eficacia biomecánica. En esta etapa moderna predominan aparatos como PowerScope, Forsus, AdvanSync y MARA, que integran sistemas telescópicos o módulos de resorte, ofreciendo un control más refinado y reduciendo las limitaciones de los aparatos tradicionales removibles.

En cuanto a la tendencia biomecánica contemporánea, los resultados revelan que el avance mandibular continuo es el mecanismo más utilizado (74.31%), seguido del avance intermitente. Esta preferencia evidencia una evolución hacia terapias que buscan estímulos constantes en el cóndilo, favoreciendo respuestas

esqueléticas más predecibles. Paralelamente, se observa que los mecanismos mixtos son los más reportados en la literatura reciente, representando el 71.55% de los estudios. Esto confirma que los conceptos modernos han dejado atrás la visión unilateral del tratamiento para adoptar un enfoque tridimensional y multifactorial.

12. Bibliografía

1. Infante CC. Fundamentos para la evaluación del crecimiento, desarrollo y función cráneo facial. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2008. ISBN 978-958-44-4286-4.
2. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, Mc Namara JA. Mandibular Changes produced by functional appliances in class II malocclusion: a systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006;129(5):e599.
3. Bondevik O, Wagner OM, Berg R. Viggo Andresen a Pioneer in orofacial orthopedics. *J Orofac Orthop*. 1997;58(3):181-183.
4. Pancherz H. *Long-term effects of activator (Andresen appliance) treatment*. *Odontol Revy Suppl*. 1976;35:1-70.
5. Occlus-o-Guide versus Andresen activator appliance: neuromuscular evaluation". *Progress in Orthodontics*. 2013;14:4.
6. Morán-Naranjo DA, Bautista-Rojas FD. Propulsores mandibulares como tratamiento alternativo para la maloclusión Clase II: revisión narrativa. *MQRInvestigar*. 2023;7(2):1086-1103. doi:10.56048/MQR20225.7.2.2023.1086-1103.
7. Salas C, Nuñez C. Maloclusión Clase II y su relación con trastornos temporomandibulares: revisión de la literatura. *Revista Uruguaya de Ortopedia y Ortodoncia*. 2024;7(2):75-89. doi:10.52887/RUOO/v7n2.4.
8. Rodríguez MC, Padilla MR. Manejo temprano de la maloclusión clase II división 2. *Rev Estomatol Salud*. 2015;23(2):57–63.
9. Vanin KD. Aparelho propulsor mandibular na dentição permanente. *Journal of Multidisciplinary Dentistry*. 2022;12(3):119-127.
10. Esparza PI, Fonseca López V, Rodríguez-Chávez JA, Paz Cristóbal AN, Guerrero Velázquez C, García López JJ. "Corrección de clase II esquelética con propulsor mandibular Forsus™. Reporte de caso clínico." *Revista Mexicana de Ortodoncia*. 2020;8(2):125–134.

11. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Ortodoncia contemporánea. 5ª ed. Barcelona: Elsevier; 2014.
12. Kingsley NW. A treatise on oral deformities as a branch of mechanical surgery. London: H. K. Lewis; 1880.
13. Asbell MB. A brief history of orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98(2):176–183.
14. Ngan P, Fields HW, editors. Contemporary Orthodontics: Integrating Growth and Development. 2ª ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2020. 720 p. ISBN 978-0-323-56789-0.
15. Tadinada A, Macha S. Orthodontic Treatment in Mixed Dentition: Contemporary Concepts. 1ª ed. New Delhi: Jaypee Brothers; 2019. 356 p. ISBN 978-93-5274-589-2.
16. McNamara JA Jr, Brudon WL, editors. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Principles and Clinical Applications. 2ª ed. Ann Arbor (MI): Needham Press; 2022. 624 p. ISBN 978-0-9816982-5-2.
17. Gray H. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42ª ed. London: Elsevier; 2020. 2080 p. ISBN 978-0-7020-7705-0.
18. Netter FH. Atlas of Human Anatomy. 7ª ed. Philadelphia (PA): Elsevier; 2019. 608 p. ISBN 978-0-323-59740-8.
19. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía Humana. 5ª ed. Barcelona: Médica Panamericana; 2010. 1100 p. ISBN 978-84-9835-280-8.
20. Tortora GJ, Derrickson B. Principles of Anatomy and Physiology. 16ª ed. Hoboken (NJ): Wiley; 2017. 1328 p. ISBN 978-1-119-37718-4.
21. Geneser F, Brüel A, Christensen E, Trandum-Jensen J, Qvortrup K. Geneser Histología. 4ª ed. Barcelona: Médica Panamericana; 2015. 768 p. ISBN 978-6079356231.
22. Unqueira LC, Carneiro J. Histología Básica: Texto y Atlas. 13ª ed. Ciudad de México: Médica Panamericana; 2022. 608 p. ISBN 978-607-8546-52-7.
23. Ovalle WK, Nahirney PC (ilustraciones por Netter FH). Netter's Essential Histology. 2ª ed. Philadelphia (PA): Elsevier/Saunders; 2013. 517 p. ISBN 978-85-352-2803-8.

24. Mescher AL. Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas. 14^a ed. New York (NY): McGraw-Hill Education; 2016. 573 p. ISBN 978-0-07-184268-6.
25. Junqueira LC, Carneiro J. Histología Básica: Texto y Atlas. 13.^a ed. Ciudad de México: Médica Panamericana; 2022. 608 p. ISBN 978-607-8546-52-7.
26. Ovalle WK, Nahirney PC. Netter's Essential Histology. 2.^a ed. Philadelphia (PA): Elsevier/Saunders; 2013. 517 p. ISBN 978-85-352-2803-8.
27. Sadler TW. Langman Embriología Médica. 14.^a ed. Madrid: Wolters Kluwer (Médica Panamericana); 2020. 432 p. ISBN 978-84-17602-11-6.
28. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 4.^a ed. Ciudad de México (DF): Médica Panamericana; 2019. 464 p. ISBN 978-607-8546-24-4.
29. Schoenwolf GC, Bleyl SB, Brauer PR, Francis-West PH. Larsen's Human Embryology. 5^a ed. Philadelphia (PA): Churchill Livingstone; 2014. 576 p. ISBN 978-1455706846.
30. Schoenwolf GC, Bleyl SB, Brauer PR, Francis-West PH. Larsen's Human Embryology. 5th ed. Philadelphia (PA): Churchill Livingstone/Elsevier; 2015. xvi, 554 p. ISBN 978-1455706846.
31. Larsen WJ. Human Embryology. 3rd ed. New York (NY): Churchill Livingstone; 2001. 575 p. ISBN 978-0443065835.
32. Larsen WJ. Essentials of Human Embryology. New York (NY): Churchill Livingstone; 1998.
33. Kühnel W. Atlas de poche d'histologie: cytologie, histologie et anatomie microscopique à l'usage des étudiants. 5^e éd. Paris: Lavoisier Médecine-Sciences; 2015. 560 p. ISBN 978-2-257-20623-7.
34. Obwegeser HL. Mandibular Growth Anomalies: Terminology – Aetiology – Diagnosis – Treatment. Berlin / Heidelberg: Springer-Verlag; 2001. XVII, 451 p. ISBN 978-3-540-67214-2.
35. Saadia M, Valencia R. Dentofacial Orthopedics in the Growing Child: Understanding Craniofacial Growth and the Management of Malocclusion. 1^a ed. Hoboken (NJ): Wiley; 2022. 886 p. ISBN 978-1119720188.

36. Posnick JC. Orthognathic Surgery: Principles and Practice. 2 vol. 2^a ed. Philadelphia (PA): Elsevier; 2022. ISBN 978-0323791823.
37. Lund K. Mandibular Growth and Remodelling Processes After Condylar Fracture: A Longitudinal Roentgencephalometric Study. Copenhagen: Institute of Orthodontics, Royal Dental College; 1974. 117
38. Enlow DH, Aguila FJ. Crecimiento Craneofacial: Ortodoncia y Ortopedia. 1^a ed. Ciudad de México: AMOLCA; 1999. 188 p. ISBN 9806184289.
39. Canut JA. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2^a ed. Barcelona: Elsevier-Masson; 2000. 720 p. ISBN 978-84-458-0890-0.
40. Schupp W, Haubrich J. Aligner Orthodontics and Orofacial Orthopedics. 2nd ed. Berlin (DE): Quintessenz Verlags-GmbH; 2023. 672 p. ISBN 978-1-78698-106-6.
41. Wangerin K, Fedder C, editors. Optimizing Orthognathic Surgery: Diagnosis, Planning, Procedures. 1st ed. Berlin / Heidelberg (DE): Quintessenz Publishing; 2023. 416 p. ISBN 978-1-78698-121-9.
42. Obwegeser HL. Mandibular Growth Anomalies: Terminology – Aetiology – Diagnosis – Treatment. Berlin / Heidelberg (DE): Springer-Verlag; 2001. 451 p. ISBN 978-3-540-67214-2.
43. Posnick JC. Principles and Practice of Orthognathic Surgery. 2 vol. ed. London/Berlin: Elsevier / Quintessence; 2014. ISBN 978-1-4557-2698-1.
44. Kessler P, Hardt N, Yamauchi K, editors. Illustrated Manual of Orthognathic Surgery: Osteotomies of the Mandible. Cham (CH) / Berlin-associated editorial: Springer; 2024. (primer volumen). ISBN 978-3-031-06977-2
45. Franchi L, Nieri M, Lomonaco I, McNamara JA Jr, Giuntini V. Predicting the mandibular growth spurt: the roles of chronological age, sex, and the cervical vertebral maturation method. Angle Orthod. 2021;91(3):307–312. doi:10.2319/080220-676.1. PMID: PMC8084458.
46. McNamara JA Jr, Franchi L. The cervical vertebral maturation method: a user's guide. Angle Orthod. 2018;88(2):133–143. doi:10.2319/111517-787.1. PMID: PMC8312535.

47. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 2005;11(1):119–129. doi:10.1053/j.sodo.2005.04.005.
48. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(3):335–340. doi:10.1016/S0889-5406(00)70241-0.
49. Hunter WS, Baumrind S, Popovich F, Jorgensen G. Forecasting the timing of peak mandibular growth in males by using skeletal age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(3):327–333. doi:10.1016/j.ajodo.2006.07.028.
50. Gomes AS, Martinelli L, Lima EM, et al. Mandibular growth during adolescence. *Angle Orthod.* 2006;76(5):786–791. doi:10.2319/080405-263.1.
51. Perinetti G, Contardo L, Castaldo A, McNamara JA Jr, Franchi L. Diagnostic reliability of the cervical vertebral maturation method and standing height in the identification of the mandibular growth spurt. *Angle Orthod.* 2016;86(4):599–609. doi:10.2319/072415-499.1.
52. Nahhas RW, Cole TJ, Fewtrell MS, et al. Variation in timing, duration, intensity and direction of the pubertal growth spurt: implications for orthodontics and longitudinal growth studies. *Anat Rec (Hoboken).* 2014;297(12):2296–2304. doi:10.1002/ar.22918.
53. Zimmerer RM, Sander AK, Schönfeld A, Lethaus B, Gellrich NC, Neuhaus MT. Congenital mandibular hypoplasia: patient-specific total joint replacement as a line extension in the treatment of complex craniofacial anomalies. *J Craniofac Surg.* 2022;33(7):e671-e677.
54. Pirttiniemi P, Peltomäki T, Müller L, Luder H. Abnormal mandibular growth and the condylar cartilage. *Eur J Orthod.* 2009;31(1):1-11.
55. Shimoyama M, Kanzaki H, Tohyama S, Ida T, Ishikawa M, Katsumata Y, Arai C, Wada S, Manase S, Tomonari H. Mandibular endochondral growth is specifically augmented by nutritional supplementation with myo-inositol even in rabbits. *Dentistry Journal.* 2024;12(3):49. doi:10.3390/dj12030049.

56. Von den Hoff JW, Delatte M. Interplay of mechanical loading and growth factors in the mandibular condyle. *Archives of Oral Biology*. 2008;53(8):709-715. doi:10.1016/j.archoralbio.2008.03.002.
57. Gregoret J. Ortodoncia: diagnóstico y tratamiento. Buenos Aires: Médica Panamericana; 1998.
58. Proffit WR, Fields HW, Larson B, Sarver DM. Contemporary Orthodontics. 6th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2019.
59. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. Orthodontics: Current Principles and Techniques. 6th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2017.
60. Koukou M, Damanakis G, Tsolakis AI. Orthodontic management of skeletal Class II malocclusion with the Invisalign Mandibular Advancement Feature appliance: a case report and review of the literature. *Case Rep Dent*. 2022;2022:7095467.
61. Pirttiniemi P, Peltomäki T, Müller L, Luder HU. Abnormal mandibular growth and the condylar cartilage. *Eur J Orthod*. 2009;31(1):1–11.
62. Giuntini V, et al. Treatment of Class II Malocclusion in the Growing Patient: Early or Late? *Semin Orthod*. 2023;29(2):183–188.
63. Ngan P, Tai SK. Orthopedic treatment of Class II malocclusion with mandibular deficiency: a clinical practice review. *Front Oral Maxillofac Med*. 2024;6:27.
64. Koukou M, Damanakis G, Tsolakis AI. Orthodontic management of skeletal Class II malocclusion with the Invisalign Mandibular Advancement Feature appliance: a case report and review of the literature. *Case Rep Dent*. 2022;2022:7095467.
65. Ustrell-Torrent JM, Durán-von AJ, editors. *Diagnóstico y tratamiento en ortodoncia*. Barcelona: Elsevier España; 2014.
66. Cobourne MT, editor. *Orthodontic management of class II malocclusion: an evidence-based approach*. Cham: Springer; 2015.
67. Graber TM, Rakosi T, Petrovic AG. *Dentofacial orthopedics with functional appliances*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1997.

68. Lischer BE. The Diagnosis of Malocclusion. Dental Cosmos. 1911;53(4):412–422.
69. Peck S. A biographical portrait of Edward Hartley Angle, the first specialist in orthodontics, part 2. The Angle Orthodontist. 2009;79(6):1028-1033.
70. Buschang PH, Rossouw PE, Campbell PM. Orthodontic research: the present, past, and future. Semin Orthod. 2019;25(4):257–271.
71. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary Orthodontics Philadelphia: Elsevier; 5^a ed. 2013.
72. Graber TM, Vanarsdall RL Jr., Vig KW. St. Orthodontics: Current Principles and Techniques Louis: Elsevier; 6^a ed. 2017.
73. Bishara SE. Orthodontics Philadelphia: Saunders; 1^a ed. 2001.
74. Moyers RE. Handbook of Orthodontics. 4.^a ed. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1988.
75. Karad A. Clinical Orthodontics: Current Concepts, Goals and Mechanics. 1st ed. Elsevier; 2017.
76. Wheeler TL. Treatment Mechanics for Orthodontics. 2nd ed. Elsevier; 2017.
77. Pavoni S. Orthodontics: Essentials and Emergency Orthodontic Treatment. Springer; 2019.
78. Fayed MS. Contemporary Orthodontics for the Dentist & Technician. 1st ed. CRC Press; 2020.
79. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary Orthodontics. 7th ed. St. Louis: Elsevier; 2023.
80. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW, Huang GJ. Orthodontics: Current Principles and Techniques. 7th ed. St. Louis: Elsevier; 2022.
81. Nanda R, Kapila S. Current Therapy in Orthodontics. 2.^a ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2010. 432 p. ISBN 978-0-323-06518-3.
82. Nanda R. Esthetics and Biomechanics in Orthodontics. 2.^a ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2015. 416 p. ISBN 978-0-323-26936-4.
83. Bishara SE. Textbook of Orthodontics. Philadelphia (PA): Saunders; 2001. 528 p. ISBN 0-7216-9053-6.

84. Mossey PA, Little J, Cobourne MT, editors. Essentials of Orthodontics. 6.^a ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2022. 400 p. ISBN 978-1-119-87209-2.
85. Suri S, Taneja P. Orthodontics: Principles and Practice. 1.^a ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2011. 480 p. ISBN 978-93-5025-648-5.
86. Paquette DE, Johnston LE, Tulloch JF. Orthodontics for the Next Millennium. Chicago: Quintessence Publishing; 2000.
87. Bennett JC, McLaughlin RP. Orthodontic Management of the Dentition with the Pre-adjusted Appliance. Oxford: Isis Medical Media; 2001.
88. Ismail SF, Moss JP. Integrated Clinical Orthodontics. Oxford: Wiley-Blackwell; 2012.
89. Bourzgui F. Orthodontics–Basic Aspects and Clinical Considerations. Rijeka: InTechOpen; 2012.
90. Tanne K. Current status of clinical orthodontics in European and American countries. APOS Trends in Orthodontics. 2020;10:204-223.
91. Uribe-Restrepo GA, Uribe Trespalcacios P. Ortodoncia: teoría y clínica – énfasis en biomecánica. 3.^a ed. Medellín (Colombia): Corporación para Investigaciones Biológicas; 2019. ISBN 978-958-5548-39-8.
92. Damon DH, McLaughlin RP, Bennett JC. Systemized Orthodontic Treatment Mechanics. Edinburgh: Mosby; 2001. 336 p. ISBN 978-0-323-05314-3.
93. Burstone CJ, Choy K. The Biomechanical Foundation of Clinical Orthodontics. Chicago: Quintessence Publishing; 2015. 608 p. ISBN 978-0-86715-651-5.
94. Baccetti T, McNamara JA Jr, Franchi L. Effective Orthodontic Treatment: Mechanics and Evidence. Ann Arbor (MI): Needham Press; 2015. 312 p. ISBN 978-0-9816982-0-7.
95. Arreola-García FJ, Arreola Trujillo M. Manual de Ortodoncia. México, DF: Editorial Cuéllar Ayala; 2008. ISBN 978-968-7022-95-6.
96. Campos PA, Solano RE. Ortodoncia I. Manual teórico-práctico de ortodoncia. Sevilla (España): Editorial Universidad de Sevilla; 2002. 96 p. ISBN 978-84-472-0744-2.

97. Ustrell Torrent JM, ed. Diagnóstico y Tratamiento en Ortodoncia. 2.^a ed. Barcelona (España): Elsevier España; 2023. ISBN 978-84-1382-563-2.
98. Studocu [Internet]. Universidad Andina del Cusco; citado 2025 dic 19. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-andina-del-cusco/ciencias-de-la-salud/gap-ii-shanny-castaneda/85028845>
99. Farronato G, Nanda R, Maspero C, Garagiola U, Barbato E, Chimenti C, et al. Orthodontics. Milan (Italia): Ediermes; 2021. 2 vols. ISBN 978-8870515503.
100. Savastano F. Neuromuscular Orthodontics: A Clinical Guide. Cham (Suiza): Springer; 2023. xv, 342 p. ISBN 978-3-031-41294-3.
101. Shivhare P, Shankarnarayan L, Usha, et al. Condylar aplasia and hypoplasia: a rare case. Case Rep Dent. 2013;2013:745602.
102. Vellini Ferreira F. Ortodontia: Diagnóstico e Planejamento Clínico. São Paulo: Artes Médicas; 2002.
103. Goyo Medina F, Mambié P. Principios y técnicas actuales en ortodoncia. 1.^a ed. Ciudad de México: Editorial Médica Panamericana; 2024.
104. Willian AO. *Ortopedia funcional de los maxilares en el tratamiento temprano de maloclusiones clase II por retrusión mandibular: reporte de caso clínico*. Revista Mexicana de Ortodoncia. 2017;5(3):170-175.
105. Frankel R. The functional regulator (FR II) appliance used in Angle Class II Division 2 cases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1990.
106. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. Diario Oficial de la Federación. 04 ene 2013 [Internet]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013 [citado 29-nov-2025].
107. Ley de Ciencia y Tecnología [Internet]. México: Gobierno de México; 2002 [reformada 06 nov 2020; citado 2025 Nov 29]. Disponible en:

https://sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/15131/2/images/ley_ciencia_tecnologia_01_2020.pdf

108. H. Congreso de la Unión. Ley Federal del Derecho de Autor. DOF 24-12-1996 [reformada 01-07-2020; citado 2025 Nov 29]. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFDA.pdf>
109. Palacios MI, Alonso AR, Cal VM, Calvo BY, Fernández-Polo FX, Gómez GL, López RP, Rodríguez RY, Varela-Pérez JR. *Diccionario electrónico de enseñanza y aprendizaje de lenguas*. Definición “Evaluación de los conocimientos” [Internet]. 2019 [citado 2025 Ago 28]. Disponible en: <https://www.dicenlen.eu/es/diccionario/entradas/evaluacion-conocimientos>
110. Ivorra-Carbonell L, Montiel-Company JM, Almerich-Silla JM, Paredes-Gallardo V, Bellot-Arcís C. Impact of functional mandibular advancement appliances on the temporomandibular joint: a systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2016 Jul 31;21(5):e565–e572.
111. Aplin J, Markiewicz MR. Functional appliances. In: *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. 2020;32(4):479–491.
112. Cardarelli F, Drago S, Rizzi L, Bazzani M, Pesce P, Menini M, et al. Effects of removable functional appliances on the dentoalveolar unit in growing patients. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(5):746
113. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, Moafa A, El-Saaidi C. Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press J Orthod*. 2018;23(6):40.e1-40.e10. doi:10.1590/2177-6709.23.6.40.e1-10.onl
114. Arriola-Guillén LE, Trujillo-Hernández BE, Gonzales-Castillo AE. Prevalence of malocclusion in schoolchildren aged 6 to 12 years in Tacna, Perú. *Rev Odontol UNJBG*. 2019;7(2):25-32.
115. Vásquez-Flores JL, Delgado PL, Mendoza MC. Prevalence of malocclusion in pediatric patients attended at the University Dental Clinic. *Repositorio UG*. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48388>
116. Ding L, Chen R, Liu J, Wang Y, Chang Q, Ren L. The effect of functional mandibular advancement for adolescent patients with skeletal

Class II malocclusion on the TMJ: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2022;22:51.

117. Jiang T, Qi Y, Zhang Y, Du Y, Wu Q, Xiao H, He K, Zheng J, Jin Z, Li F. Changes in upper airway morphology and respiratory function of adolescent patients with mandibular retrognathism treated with clear aligner mandibular advancement: a prospective study. *BMC Oral Health*. 2025;25:975.
118. México. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Internet]. DOF 05-02-1917; texto vigente con reformas hasta 15-04-2025. Ciudad de México: Cámara de Diputados; 2025 [citado 2025 Nov 29]. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
119. Ley Orgánica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2025.

13. Anexos

13.1. Anexo 1

Tabla para la captura de datos provenientes de los artículos científicos

Año de publicación	Mecanismo biomecánico de la propulsión mandibular	Dispositivo ortopédico funcional	Mecanismo de acción del dispositivo	Eficacia clínica de las correcciones	Diseño y nivel de evidencia	plataforma	Link

Tabla 4: Machote para la captura de datos

Giovanni Dorantes Ortega

Mecanismo de propulsión Mandibular presente y pasado.pdf

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:550615115

Fecha de entrega

29 ene 2026, 11:30 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

29 ene 2026, 11:33 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Mecanismo de propulsión Mandibular presente y pasado.pdf

Tamaño del archivo

1.2 MB

105 páginas

23.787 palabras

145.185 caracteres

32% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 31%  Fuentes de Internet
- 15%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Especialidad en ortodoncia, Posgrado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	
Título del trabajo	Mecanismos de propulsión mandibular, presente y pasado	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Giovanni Dorantes Ortega	14212118x@umich.mx
Director	Vidal Almanza Ávila	Vidal.almanza@umich.mx
Codirector		
Coordinador del programa	Luis Alberto Pantoja Villa	Luis.pantoja@umich.mx

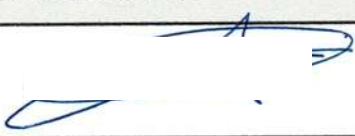
Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	NO	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	NO	
Traducción a otra lengua	NO	
Revisión y corrección de estilo	NO	
Análisis de datos	NO	
Búsqueda y organización de información	NO	
Formateo de las referencias bibliográficas	NO	
Generación de contenido multimedia	SI	Se empleó la inteligencia artificial Julius versión 2026 para la actualización de las gráficas creadas en Excel
Otro	NO	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Giovanni Dorantes Ortega 
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán a 29 de enero del 2026