



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
ÁREA ACADÉMICA DE ODONTOLOGÍA
LICENCIATURA DE CIRUJANO DENTISTA

TESIS

**Efectos de la expansión rápida maxilar en la vía aérea en pacientes con crecimiento:
una revisión de la literatura**

**Para obtener el grado de
Cirujano Dentista**

PRESENTA

Yaneth Rivera Cázares

Comité tutorial

Directora

Dra en CO. Sandra Isabel Jiménez Gayosso

Codirector interno

Dr. Vicente Rueda Ibarra

Codirector externo

Dr. Taurino Amilcar Sosa-Velasco

ASESORES

Dra. Martha Mendoza Rodríguez

Dra. Rosalina Islas Zarazúa

M en C. Eduardo Cerón Zamora

Pachuca de Soto, Hgo., México, junio de 2026



Advertencias

Cualquier trabajo de investigación no publicado postulado para el grado de posgrado y depositado en la modalidad de tesina en las bibliotecas de esta Universidad, queda abierta para inspección, y solo podrá ser usado con la debida autorización. Las referencias bibliográficas pueden ser utilizadas, sin embargo, para ser copiadas se requerirá el permiso del autor y el crédito se dará a la escritura y publicación del trabajo.

Esta tesina ha sido usada por las siguientes personas, que firman y aceptan las restricciones señaladas

La biblioteca que presta esta tesina se asegurará de recoger los datos de cada persona que la utilice.

[illegible]



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias de la Salud

School of Medical Sciences

Área Académica de Odontología

16 de marzo de 2026

No. Oficio UAEH/ICSa/AAO/168/2026

Asunto: Designación comité tutorial

PROFESORES P R E S E N T E

Me es grato comunicarles que, en atención a sus logros y desempeño laboral, así como a su formación y experiencia profesional han sido designados como integrantes del Comité Tutorial de la Licenciatura de Cirujano Dentista, de la tesis denominada **Efectos de la expansión rápida maxilar en la vía aérea en pacientes con crecimiento: una revisión de la literatura**", de la alumna **Yaneth Rivera Cázares** con número de cuenta 353088. El Comité Tutorial queda integrado por:

Dra. Sandra Isabel Jiménez Gayosso, **Directora**
Dr. Vicente Rueda Ibarra, **Codirector interno**
Dr. Taurino Amilcar Sosa Velasco, **Codirector externo**
Dra. Martha Mendoza Rodríguez, **Asesor**
Dra. Rosalina Islas Zarazúa, **Asesor**
M en C. Eduardo Cerón Zamora, **Asesor**

Sin otro asunto en particular, reciba usted la seguridad de mi más alta y distinguida consideración, esperando su valioso apoyo que permita la culminación de la tesis del alumno.

ATENTAMENTE
AMOR, ORDEN Y PROGRESO
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, 16 de marzo de 2026



Dr. José de Jesús Navarrete Hernández
Jefe del Área Académica de Odontología

"Amor, Orden y Progreso"



Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera Pachuca
Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P.42170
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41523 y 41534
odontologia@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias de la Salud
School of Medical Sciences
Área Académica de Odontología

4 de mayo de 2026

No. Oficio UAEH/ICSa/AAO/224/2026

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH
P R E S E N T E

Por medio del presente, informo a usted que la pasante de la Licenciatura en Cirujano Dentista **Yaneth Rivera Cázares** con número de cuenta **353088** presenta bajo la modalidad de tesis, titulada **"Efectos de la expansión rápida maxilar en la vía aérea en pacientes con crecimiento: una revisión de la literatura"** y que después de haber sido revisado el documento preliminar y realizadas las correcciones indicadas por su comité tutorial, se autoriza la impresión del mismo.

Nombres de los Docentes Jurados	Función	Firma de aceptación del trabajo para su Impresión
Dr. Carlo Eduardo Medina Solís	Presidente	
Dra. Martha Mendoza Rodríguez	Secretario	
Dra. Sandra Isabel Jiménez Gayosso	Primer Vocal	
Dra. María de Lourdes Márquez Corona	Segundo Vocal	
Dra. Mariana Mora Acosta	Tercer Vocal	
Dra. Miriam A. Veras Hernández	Suplente	
Dr. Vicente Rueda Ibarra	Suplente	

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y aprovecho la ocasión para reiterar mi más atenta consideración.

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo 4 de mayo de 2026.

MC. José Antonio Hernández Vera
Director del ICESA

Dr. José de Jesús Navarrete Hernández
Jefe del Área Académica De Odontología

"Amor, Orden y Progreso"



Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera Pachuca
Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P.42170
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41523 y 41534
odontologia@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias de la Salud
School of Medical Sciences
Área Académica de Odontología

ICSa/AAO/306/2026

Asunto: Incorporación al repositorio de tesis

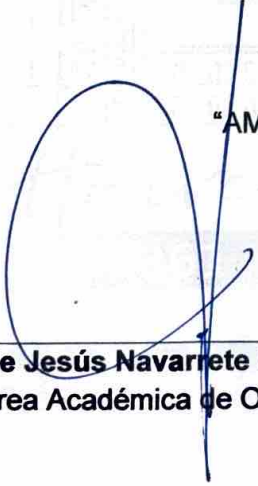
Mtro. Jorge E. Peña Zepeda
Director de Bibliotecas y Centros de Información
P R E S E N T E

Estimado Mtro. Peña,

Por medio del presente hago constar que la tesis en formato digital titulada: **"Efectos de la expansión rápida maxilar en la vía aérea en pacientes con crecimiento: una revisión de la literatura"**, que presenta la pasante de la Licenciatura en Cirujano Dentista **Yaneth Rivera Cázares** con número de cuenta **353088**, cumple con el oficio de autorización de impresión y se ha verificado que es la versión digital del ejemplar impreso, por lo que solicito su integración en el repositorio institucional de tesis.

Sin más por el momento, agradezco la atención a la presente y aprovecho la ocasión para reiterar mi más atenta consideración.

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"


Dr. José de Jesús Navarrete Hernandez
Jefe del Área Académica de Odontología


Yaneth Rivera Cázares
Autor



"Amor, Orden y Progreso"



Circuito ex-Hacienda la Concepción s/n Carretera Pachuca
Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. C.P.42170
Teléfono: 52(771)7172000 Ext. 41523 y 41534
odontologia@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar, agradezco a mis directores y asesores por su orientación, dedicación y compromiso a lo largo de este proceso, así como por compartir sus conocimientos en el área de la odontología, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

A la institución y a mis docentes, por brindarme la formación académica y clínica necesaria, que me permitieron desarrollar habilidades y competencias en el campo odontológico.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, siendo un pilar fundamental en cada etapa de este camino.

A mi mentora y amiga, Dra. Sandra Isabel Jiménez Gayosso, por su guía constante, su paciencia y por compartir no solo sus conocimientos, sino también su pasión por la odontología. Gracias por creer en mí incluso en los momentos de duda, por impulsarme a crecer tanto a nivel profesional como personal, y por convertirse en un ejemplo a seguir dentro y fuera del ámbito clínico. Su apoyo y confianza han sido fundamentales en este camino.

Dedicatoria

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante en cada etapa de mi formación. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos, por su compañía, apoyo y por compartir conmigo cada logro y desafío, siendo siempre una fuente de motivación.

A mi abuela, por su cariño, apoyo y por ser una inspiración constante en mi vida.

A mi amiga, mentora, y parte de mi familia, Dra.Sandra Isabel Jiménez Gayosso, por su guía, paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo. Gracias por impulsarme a crecer, por creer en mi capacidad, y por permitirme conocer a dos seres increíbles y amorosos.

Con todo mi amor y gratitud.

Contenido

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Justificación	4
Marco teórico	5
Objetivos	24
Metodología	25
Resultados y discusión	26
- Tipo de anclaje: dentosoportado (Hyrax) vs mucodentosoportado (Haas) 30	
- Expansión asistida con microtornillos (MARPE)	30
- Edad, punto de corte y maduración esquelética	31
- Estabilidad a largo plazo de los cambios	32
- Integración crítica de los factores	32
Conclusión	34
Referencias	35

Resumen

Introducción: La expansión rápida maxilar (ERM) es un procedimiento ortopédico utilizado para corregir deficiencias transversales del maxilar superior en pacientes en crecimiento. Dada la estrecha relación anatómica entre el paladar duro y la cavidad nasal, la ERM podría inducir cambios favorables en la morfología y funcionalidad de la vía aérea superior, aunque persiste controversia sobre la magnitud, estabilidad y relevancia clínica de estos efectos.

Objetivo: Analizar los efectos de la ERM en la vía aérea superior de pacientes en crecimiento mediante una revisión de la literatura. **Metodología:** Se realizó una búsqueda bibliográfica en PubMed, Scopus y Web of Science (julio 2025 - marzo 2026), priorizando estudios publicados entre 2020 y 2026. Se incluyeron ensayos clínicos, estudios observacionales y revisiones sistemáticas que evaluaran cambios anatómicos o funcionales de la vía aérea tras ERM. **Resultados:** La evidencia muestra que la ERM produce aumentos significativos en el volumen y área transversal de la cavidad nasal (incrementos del 10-20%), con reducciones asociadas en la resistencia nasal. Los efectos sobre la orofaringe son más variables y dependen de factores individuales. La expansión asistida con microtornillos (MARPE) genera una apertura sutural más paralela y efectos esqueléticos predominantes. La edad y el grado de maduración de la sutura palatina media son determinantes clave de la respuesta, observándose mejores resultados en pacientes prepuberales. En casos seleccionados de apnea obstructiva del sueño (AOS) infantil leve a moderada con constricción maxilar evidente, la ERM ha mostrado mejoría sintomática, aunque no se respalda como tratamiento único y universal. **Conclusiones:** La ERM produce cambios consistentes y favorables en la cavidad nasal de pacientes en crecimiento, con beneficios funcionales en la permeabilidad respiratoria. Su impacto sobre la AOS es prometedor en casos seleccionados, pero se requieren estudios prospectivos con seguimiento a largo plazo, protocolos estandarizados (CBCT) y grupos control para confirmar la magnitud y estabilidad clínica de estos efectos. El ortodoncista debe considerar el potencial beneficio respiratorio al planificar el tratamiento de una deficiencia transversal, promoviendo un enfoque interdisciplinario.

Palabras clave: Maxilar, expansión, expansión rápida maxilar, vía aérea, maloclusión, cavidad nasal, vía aérea superior, apnea obstructiva del sueño, crecimiento, ortodoncia, MARPE.

Abstract

Effects of Rapid Maxillary Expansion on the Airway in Growing Patients: A Literature Review

Introduction: Rapid maxillary expansion (RME) is an orthopedic procedure used to correct transverse maxillary deficiencies in growing patients. Given the close anatomical relationship between the hard palate and the nasal cavity, RME may induce favorable changes in upper airway morphology and function, although controversy remains regarding the magnitude, stability, and clinical relevance of these effects. **Objective:** To analyze the effects of RME on the upper airway of growing patients through a literature review. **Methodology:** A bibliographic search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science (July 2025 - March 2026), prioritizing studies published between 2020 and 2026. Clinical trials, observational studies, and systematic reviews evaluating anatomical or functional airway changes following RME were included. **Results:** Evidence shows that RME produces significant increases in nasal cavity volume and cross-sectional area (10-20% increments), with associated reductions in nasal resistance. Effects on the oropharynx are more variable and depend on individual factors. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MARPE) generates a more parallel sutural opening with predominantly skeletal effects. Age and the degree of midpalatal suture maturation are key determinants of response, with better outcomes observed in prepubertal patients. In selected cases of mild to moderate pediatric obstructive sleep apnea (OSA) with evident maxillary constriction, RME has shown symptomatic improvement, although it is not supported as a universal standalone treatment. **Conclusions:** RME produces consistent and favorable changes in the nasal cavity of growing patients, with functional benefits in respiratory permeability. Its impact on OSA is promising in selected cases, but prospective studies with long-term follow-up, standardized protocols (CBCT), and control groups are required to confirm the magnitude and clinical stability of these effects. Orthodontists should consider the potential respiratory benefit when planning treatment for transverse deficiency, promoting an interdisciplinary approach.

Keywords: Maxilla, expansion, rapid maxillary expansion, airway, malocclusion, nasal cavity, upper airway, obstructive sleep apnea, growth, orthodontics, MARPE

Introducción

Una vía aérea adecuada y la respiración nasal normal son esenciales para el correcto desarrollo craneofacial. Las alteraciones en esta función pueden generar anomalías como aumento de la altura facial, paladar ojival y mordida cruzada posterior. Entre ellas, la compresión maxilar transversal es una de las más frecuentes, siendo la expansión rápida del maxilar (ERM) uno de los tratamientos más utilizados para su corrección.¹

La disyunción maxilar es un procedimiento ortopédico indicado en pacientes en crecimiento cuyo objetivo es incrementar la dimensión transversal del maxilar y del arco dental superior.² La ERM ha demostrado ser efectiva en el tratamiento de alteraciones como mordida cruzada posterior, paladar colapsado y apiñamiento superior, además de favorecer el flujo aéreo nasal.³ Este procedimiento consiste en la aplicación de fuerzas ortopédicas mediante un tornillo expansor que produce la apertura de la sutura palatina media⁴, utilizando disyuntores tipo Haas el cual posee una base acrílica en contacto con el paladar, distribuye las fuerzas expansivas a los dientes posteriores y bóveda palatina y el disyuntor tipo Hyrax no posee esta base acrílica y por esta razón solo distribuye fuerzas al maxilar mediante el anclaje en los dientes.⁵

Debido a la estrecha relación entre el paladar duro y la cavidad nasal, la ERM puede aumentar el volumen de las vías aéreas superiores.⁶ Sin embargo, persiste controversia sobre si estos cambios anatómicos se traducen en una mejora real de la función respiratoria. En este sentido, es necesario analizar la evidencia existente para determinar el impacto funcional de la ERM en la vía aérea superior, especialmente en pacientes con respiración bucal, con el fin de sustentar su uso clínico más allá de los beneficios estructurales.

Justificación

La expansión rápida maxilar (ERM) es una técnica de ortopedia maxilar ampliamente utilizada para corregir discrepancias transversales del maxilar superior, especialmente en pacientes en crecimiento activo. Su aplicación no solo tiene implicaciones en la corrección de maloclusiones, sino también en la anatomía y funcionalidad de la vía aérea superior. Diversos estudios han señalado que las alteraciones en la dimensión transversal del maxilar pueden contribuir a una disminución del volumen de la vía aérea, lo cual se asocia a problemas respiratorios como la respiración bucal, ronquido e incluso apnea obstructiva del sueño.⁷

En pacientes con crecimiento activo, el potencial de remodelación ósea y adaptación funcional es mayor, lo que convierte a esta población en un grupo ideal para evaluar los efectos estructurales y funcionales de la expansión rápida del maxilar sobre la vía aérea. A pesar de la creciente literatura sobre este tema, aún existe controversia respecto al alcance real de los cambios inducidos por esta intervención ortopédica en las dimensiones de la vía aérea, su estabilidad a largo plazo y su impacto clínico en la función respiratoria.¹

Por ello, esta revisión busca aportar evidencia actualizada y clínicamente relevante sobre cómo la expansión rápida del maxilar puede influir en la morfología de la vía aérea en pacientes con crecimiento activo. Los hallazgos podrían respaldar el uso terapéutico de la expansión maxilar como parte de un abordaje multidisciplinario en pacientes con alteraciones respiratorias y maloclusiones y deficiencias transversales del maxilar. Además, contribuiría a una mejor comprensión de la interrelación entre el desarrollo craneofacial y la función respiratoria, promoviendo tratamientos ortopédicos más integrales y efectivos.

Marco teórico

Antecedentes

Desde la antigüedad se ha intentado corregir las maloclusiones, en el siglo XIX se estudiaban métodos para realizar la ERM. Este término fue introducido por primera vez por WH Dawernell en 1857.⁸

La técnica de disyunción rápida maxilar con tornillos de expansión tuvo sus inicios en 1860 con Angell que fue el primero en introducirla como tratamiento de compresiones del maxilar y desde entonces se ha convertido en el tratamiento de elección para las compresiones maxilares, mordidas cruzadas posteriores y discrepancias de arcos que se presentan en pacientes en crecimiento.⁹

Posteriormente Korkhaus¹⁰ en 1950 reintrodujo la técnica y que finalmente Haas¹¹ en 1961 investigó la expansión rápida maxilar en animales utilizando procesos estandarizados, los efectos del tratamiento fueron apoyados en análisis histológicos, clínicos, cefalométricos y trasladados en yeso, este método se utiliza hasta en la actualidad.¹¹⁻¹²

Como se ha mencionado anteriormente la ERM presenta efectos en la vía aérea y desde 1860 la literatura ortodóncica y del área de la otorrinolaringología ha revelado controversias en relación con la disyunción palatina y los cambios dimensionales no sólo a nivel de la arcada dentaria superior, sino que también a nivel de la cavidad nasal. Con base a esta evidencia, Hass¹¹ en 1961 realizó estudios donde demostró según lo observado en ensayos clínicos y en estudios sobre animales acerca de los cambios en la dimensión transversal del maxilar superior a través de la ERM con el uso de disyuntores maxilares lo cual provoca también un aumento en el ancho de la cavidad nasal.¹¹

Generalidades de crecimiento y desarrollo

El crecimiento y desarrollo craneofacial es un proceso continuo que inicia desde la fecundación y resulta de una serie de eventos morfogénicos que comienzan en la vida intrauterina y se extienden hasta los primeros años de vida, alcanzando un desarrollo significativo alrededor de los dos años.¹³

El maxilar superior presenta un patrón de crecimiento distinto al de la mandíbula, caracterizado por un desarrollo sagital más tardío, lo que puede generar variaciones en el crecimiento craneofacial y favorecer la aparición de maloclusiones de origen esquelético.¹⁴

Embriológicamente, la cabeza se origina del mesénquima derivado del mesodermo y de las células de la cresta neural, diferenciándose en dos componentes principales: el neurocráneo y el esplacnocráneo. El neurocráneo rodea las vesículas encefálicas desde la quinta semana y se divide en desmocráneo y condrocráneo, según su tipo de osificación.¹⁵⁻

¹⁶ Por su parte, el esplacnocráneo deriva de los arcos faríngeos, estructuras que aparecen entre la cuarta y quinta semana y que contienen elementos musculares, cartilagosos y nerviosos.¹⁷

Las prominencias faciales, que incluyen la frontonasal, maxilares y mandibulares, se desarrollan a partir del primer arco faríngeo y de la cresta neural, dando origen a las principales estructuras faciales. El cartílago de Meckel actúa como soporte para la formación de la mandíbula mediante osificación membranosa, mientras que los procesos maxilares originan el maxilar superior.¹⁸⁻¹⁹

Asimismo, el estomodeo da lugar a la cavidad oral y la musculatura masticatoria deriva del primer arco faríngeo, el cual es inervado por el nervio trigémino, responsable de la función motora y sensitiva de diversas estructuras faciales.²⁰

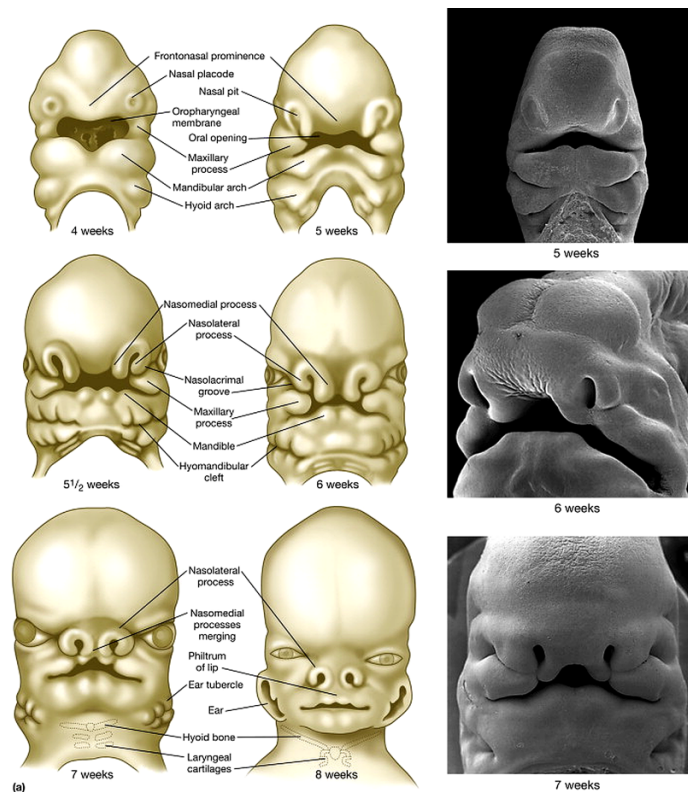


Figura 1. Desarrollo de las prominencias faciales (semanas 4–8).²¹

La osificación del hueso maxilar se completa después del nacimiento mediante un proceso de osificación intramembranosa, en el cual el crecimiento ocurre por aposición ósea en las suturas que lo conectan con el cráneo o por remodelación superficial.²²⁻²³

Este proceso inicia hacia el final de la sexta semana intrauterina con dos centros de osificación ubicados lateralmente al cartílago nasal: uno anterior (premaxilar) y otro posterior (postmaxilar). A partir de estos centros se desarrollan trabéculas óseas que se dirigen hacia distintas estructuras, contribuyendo a la formación de la apófisis ascendente, la espina nasal anterior, el piso de la órbita, la apófisis malar y las porciones alveolares.²⁴

Posteriormente, la osificación interna se desarrolla mediante el avance de trabéculas dentro de las crestas palatinas. Alrededor de la semana 12, los procesos palatinos laterales se fusionan con el paladar primario y el tabique nasal, dando origen al paladar duro.²⁴

Teorías de crecimiento craneofacial

Autores como James Scott²⁵, Harry Sicher²⁶, Melvin Moss²⁷, Alexandre Petrovic²⁸ y J.J Mao²⁹ realizaron aportaciones acerca de diversas teorías sobre el crecimiento y desarrollo craneofacial dadas desde 1950 hasta la actualidad, entre las que destacan:

- Teoría dominancia cartilaginosa de James Scott

La teoría de la dominancia cartilaginosa establece que el crecimiento craneofacial posnatal ocurre en dos fases: la primera desde el nacimiento hasta aproximadamente los 7 años y la segunda a partir de esta edad.²⁵ Durante la primera fase, el crecimiento está regulado principalmente por el cartílago del septum nasal, la base craneal y el cóndilo mandibular, generando separación de suturas y desplazamiento del maxilar y la bóveda craneana, considerado como un efecto secundario de la actividad cartilaginosa.³⁰

Posteriormente, tras los 7 años, disminuye la influencia del septum nasal y de las suturas faciales, predominando el crecimiento por aposición y remodelado óseo, con participación relevante del cartílago condilar.³¹ No obstante, el cartílago condilar mandibular y la sincondrosis esenooccipital continúan contribuyendo al desplazamiento anterior del macizo facial.³²

Finalmente, los músculos de la masticación completan su desarrollo al término de este periodo, en relación con la finalización de la dentición permanente.³³

- Teoría del servosistema de Alexandre Petrovic

La teoría del servosistema propuesta por Petrovic establece que el crecimiento craneofacial está determinado por factores genéticos cuya expresión depende de estímulos externos, como los factores hormonales, regulando los procesos de aposición y reabsorción ósea.¹³ Asimismo, intervienen factores mecánicos, especialmente la acción muscular, destacando el músculo pterigoideo externo, cuya contracción estimula el crecimiento del cartílago condilar mandibular.³⁴

Esta teoría se basa en tres postulados. El primero señala que las sincondrosis actúan como centros de crecimiento, permitiendo el desarrollo del macizo facial en sentido vertical, anterior e inferior.³⁵ El segundo involucra la acción de propioceptores en el cóndilo mandibular y el ligamento periodontal, los cuales, mediante la actividad muscular, favorecen el avance mandibular y estimulan el crecimiento óseo.¹³ El tercer postulado destaca la influencia de factores genéticos y moleculares, como los genes *Msx1*, *Msx2* y *sonic hedgehog*, así como factores de crecimiento como FGF y BMPs, que regulan el desarrollo craneofacial.³⁶

Adicionalmente, el crecimiento del maxilar superior está influenciado por hormonas como la somatomedina, testosterona y estrógenos, además de estímulos mecánicos que actúan sobre las suturas.¹³ Estructuras como la sincondrosis esenooccipital, el tabique nasal y los huesos etmoides y esenoides contribuyen al crecimiento maxilar mediante mecanismos de compensación que generan aposición ósea en diversas suturas, permitiendo el desarrollo en sentido transversal, anterior y vertical.³⁷

- Teoría sutural de Harry Sicher y Joseph P. Weinmann

La teoría de Sicher y Weinmann³⁸ plantea que el crecimiento craneofacial está determinado principalmente por un control genético intrínseco, en el cual las suturas, cartílagos y el periostio actúan como elementos formadores de hueso responsables del desarrollo, forma y dimensiones óseas.

Según Sicher, los principales centros de crecimiento se localizan en las suturas de los huesos membranosos del cráneo y los maxilares, así como en estructuras de osificación endocondral como la base del cráneo y el cóndilo mandibular, siguiendo un patrón constante de crecimiento.³⁹ En este contexto, el desplazamiento mandibular se explica por la presión generada por el crecimiento sutural, que impulsa el movimiento de los huesos.

De esta manera, Weinmann y Sicher concluyen que el crecimiento craneofacial es el resultado de una programación genética inherente a los tejidos esqueléticos, fundamento de la denominada teoría de la dominancia sutural.³⁸

Generalidades del maxilar superior

El maxilar superior está constituido por dos mitades óseas que se unen en la línea media mediante la sutura intermaxilar o palatina. Su estructura principal es el cuerpo, que contiene el seno maxilar y presenta diversas apófisis que permiten su articulación con otros huesos craneofaciales.

Entre estas estructuras destacan la apófisis cigomática, que se articula con el hueso cigomático, y la apófisis frontal, que se relaciona con el hueso frontal y los huesos nasales. Asimismo, en sus caras se identifican crestas como la lagrimal anterior, concal y etmoidal, que participan en la formación de la cavidad nasal.⁴⁰

El maxilar también presenta una apófisis palatina que, al unirse con su homóloga contralateral, forma el paladar duro, pudiendo observarse en algunos casos una apófisis interpalatina. En su porción anterior se localiza el conducto incisivo, formado por la unión de semicanales de ambos lados.

Finalmente, la apófisis alveolar alberga los alvéolos dentarios y se extiende inferiormente, presentando tabiques interalveolares e interradiculares que delimitan las cavidades de las raíces dentarias. El maxilar se articula con varios huesos, incluyendo el vómer, unguis, esfenoides, palatino y concha nasal inferior.⁴⁰

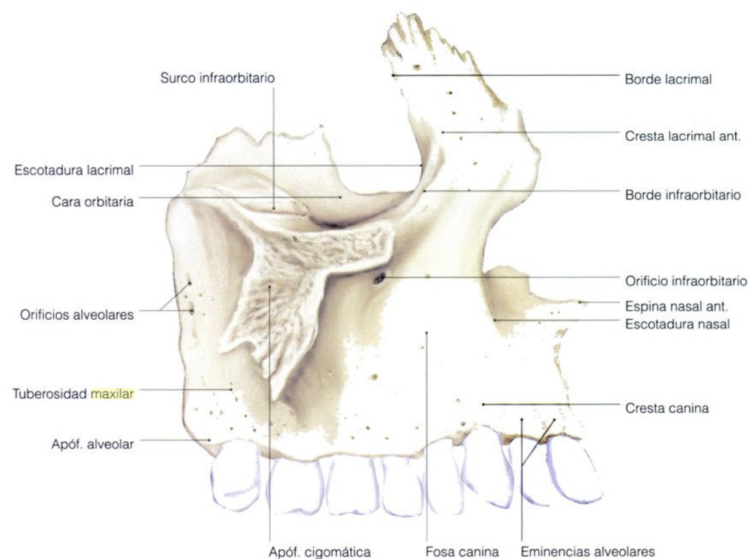


Figura 2. Visión lateral del hueso maxilar derecho.⁴⁰

El cuerpo del maxilar presenta diversas caras con funciones anatómicas específicas. La cara nasal o medial forma parte de la pared lateral de la cavidad nasal, mientras que la cara orbitaria constituye el suelo de la órbita y se articula con huesos como el palatino, etmoides y unguis.

La cara anterior, de aspecto cóncavo, está cubierta por musculatura facial y presenta la fosa canina en su porción inferior, delimitada medialmente por la escotadura nasal y la espina nasal anterior. Por su parte, la cara infratemporal o posterior forma la pared anterior de la fosa infratemporal, destacando la tuberosidad maxilar con orificios alveolares y su articulación con el hueso palatino y el esfenoides.

Asimismo, en el maxilar se identifican estructuras relevantes como el orificio infraorbitario, que permite el paso del paquete vasculonervioso infraorbitario, y el surco infraorbitario, que se continúa con dicho conducto. También se observa la cresta canina, relacionada con la raíz del canino, que delimita la fosa canina.⁴⁰

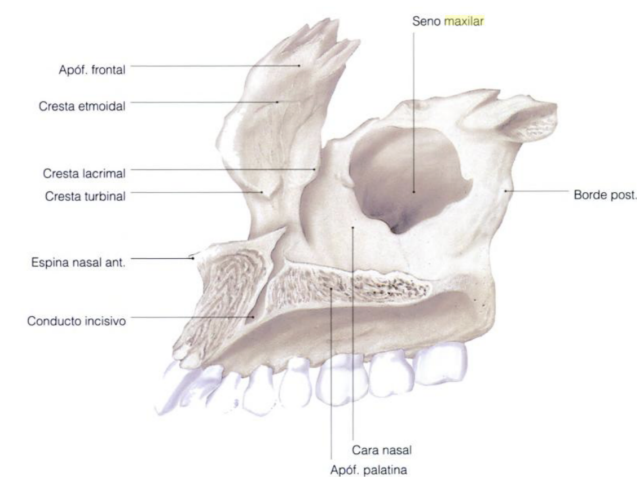


Figura 3. Visión medial del hueso maxilar derecho.⁴⁰

Sutura media palatina

Los dos maxilares están unidos en la línea media por la sutura intermaxilar (sutura intermaxillaris) observable a la altura del paladar duro, donde se unen las apófisis palatinas de ambos maxilares.⁴⁰

La sutura media palatina (SMP) se considera un tipo de sutura de extremo a extremo, con características específicas de su morfología que se ven durante el crecimiento. El comienzo y el progreso de la fusión de la sutura varían mucho con la edad y el sexo, pero que aproximadamente permanece abierta hasta los 12 años.^{41.42}

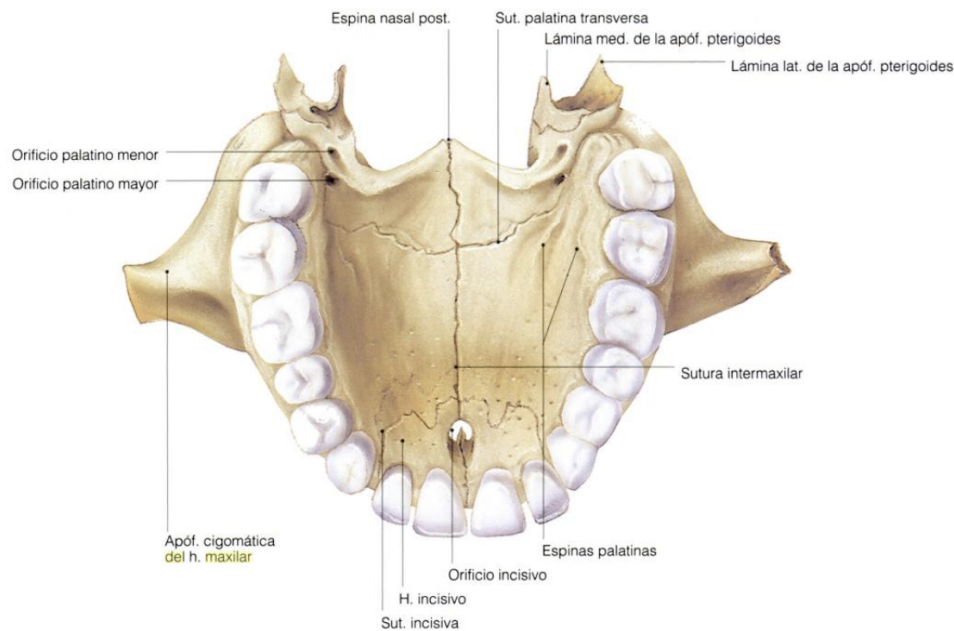


Figura 4. Visión inferior del paladar óseo.⁴⁰

Vía aérea

La vía aérea está conformada por varios componentes entre los que destacan: la boca, que se extiende entre los labios por anterior y los pliegues palatoglosos por posterior, su techo está formado por el paladar duro y blando, en su interior se encuentran la lengua cuyos 2/3 anteriores forman su piso y los órganos dentales. La lengua, debido a su tamaño, movilidad, inserción en mandíbula, hioides y epiglotis juega un rol fundamental en la mantención de una vía aérea permeable.⁴³

Fosas nasales

La cavidad nasal cumple funciones esenciales en la respiración, incluyendo la humidificación, calentamiento y regulación de la resistencia del flujo aéreo, favoreciendo un paso de aire más eficiente en comparación con la respiración bucal.⁴⁴ Se extiende desde las narinas hasta las coanas, donde continúa con la nasofaringe, y su irrigación está dada principalmente por la arteria maxilar y la arteria facial, que forman el plexo de Kiesselbach en la región anterior.⁴⁵

Estructuralmente, la nariz está constituida por un armazón osteocartilaginoso dividido por el tabique nasal. En la pared lateral de la cavidad nasal se encuentran los cornetes inferior, medio y superior, que delimitan los meatos nasales, permitiendo la comunicación con estructuras como el conducto lagrimal y los senos paranasales.

La válvula nasal representa la zona de mayor resistencia al flujo aéreo, actuando como un regulador dinámico durante la respiración. La inspiración es un proceso activo, mientras que la espiración es pasiva.

Entre sus principales funciones se incluyen el acondicionamiento del aire inspirado, la olfacción y su participación como órgano auxiliar del habla. Además, la nariz actúa como un mecanismo de defensa al filtrar, calentar y humidificar el aire, protegiendo las vías respiratorias superiores e inferiores.⁴⁶

Faringe

La faringe es un componente fundamental de la vía aérea que participa tanto en funciones respiratorias como digestivas. Se trata de un conducto musculomembranoso de aproximadamente 12 a 15 cm de longitud, que se extiende desde la base del cráneo hasta el nivel del cartílago cricoides, donde continúa con el esófago, siendo este el punto más estrecho, mientras que su mayor amplitud se localiza a nivel del hueso hioides.⁴⁷⁻⁴⁸

Está constituida por tres músculos constrictores (superior, medio e inferior) que facilitan el paso del bolo alimenticio hacia el esófago. El músculo cricofaríngeo, derivado del constrictor inferior, actúa como un esfínter que regula la entrada al esófago y previene la regurgitación.⁴⁷⁻⁴⁸

La faringe se divide en tres regiones según su comunicación: nasofaringe, orofaringe y laringofaringe. La nasofaringe se extiende desde la base del cráneo hasta el paladar blando, comunicándose con la cavidad nasal a través de las coanas y alojando estructuras como la trompa de Eustaquio y los adenoides.⁴⁵ Por su parte, la orofaringe se ubica entre el paladar

blando y la epiglotis, conectando la cavidad oral con la faringe y relacionándose con estructuras como la lengua, las amígdalas y las vértebras cervicales.⁴⁵

Laringe

La laringe es una estructura anatómica ubicada en la porción anterior del cuello, entre las vértebras cervicales cuarta y sexta. Presenta una longitud aproximada de 5 cm, siendo más corta y de localización más cefálica en mujeres y niños.

Desde el punto de vista funcional y anatómico, la laringe se divide en tres regiones: la supraglótica, que incluye estructuras como la epiglotis y los cartílagos aritenoides; la glotis, donde se localizan las cuerdas vocales y sus comisuras; y la subglotis, que se extiende hasta el cartílago cricoides.⁴⁹

El armazón laríngeo está constituido por seis cartílagos, tres impares (tiroides, cricoides y epiglotis) y tres pares (aritenoides, corniculados y cuneiformes). El cartílago tiroides es el de mayor tamaño, formado por dos láminas que alojan la glotis en su interior, y se articula superiormente con el hueso hioides e inferiormente con el cartílago cricoides mediante membranas específicas. El cartílago cricoides, ubicado por debajo de las cuerdas vocales, es el único anillo completo de la laringe, con una estructura anterior estrecha y posterior amplia.⁴⁵

Por su parte, los cartílagos aritenoides presentan forma piramidal y se articulan con el cartílago cricoides, sirviendo como punto de inserción para los músculos que controlan el movimiento de las cuerdas vocales y, por ende, la función fonatoria.^{45,50}

Expansión rápida del maxilar (ERM)

La expansión rápida maxilar (ERM) ha sido utilizada como procedimiento de rutina en niños que presentan deficiencias en el desarrollo transversal del maxilar, paladar profundo, mordida cruzada posterior, crear espacio en la arcada para liberar el apiñamiento; siendo una intervención ortopédica-ortodóntica cuya finalidad es dividir la sutura media palatina.⁵¹ Angell⁹ en 1860 fue el primero en introducir la ERM, posteriormente Korkhaus¹⁰ en 1950 reintrodujo la técnica que finalmente en 1961 Haas¹¹ volvió y popularizó nuevamente esta técnica utilizada como tratamiento de compresiones del maxilar.¹²

El método consiste en la aplicación de fuerzas ortopédicas de gran magnitud, generadas tras múltiples activaciones de un tornillo de expansión dirigidas hacia el hueso basal maxilar, lo que provoca la apertura gradual de la sutura media palatina.⁵²

Esto se logra a través de dispositivos dentosoportados o mucosoportados de expansión guiada como Hass, McNamara, Hyrax, con o sin el uso de mini implantes.⁵³ El disyuntor tipo Haas posee una base acrílica en contacto con el paladar distribuyendo las fuerzas expansivas a los dientes posteriores, bóveda palatina, mientras que el disyuntor tipo Hyrax no posee esta base acrílica y por esta razón, presuntivamente solo distribuye fuerzas al maxilar mediante el anclaje en piezas de soporte.⁵⁴ Ambos tipos de expansores cuentan con un tornillo activo que libera fuerzas pesadas intermitentes que oscilan entre 0.9 a 4.5 kg sobre el maxilar y los dientes de anclaje, con el objetivo de romper la sutura palatina aumentando la distancia de ambas hemiarcadas de unos 5 a 6 mm en periodos de 1 a 3 semanas.⁵⁵

Los protocolos de activación varían de lento (1 turno cada 2 a 3 días) y la rápida (1 a 2 turnos cada día) produciendo una expansión dental y esquelética.⁵⁶ El nivel de separación que se puede lograr con esta técnica es de 0.2 a 0.5 mm por día. Por otro lado, se encuentran los expansores óseos soportados con minitornillos como una opción para aplicar fuerzas directamente al maxilar, minimizando la inclinación dental superando así las limitaciones de los dispositivos de expansión dentosoportados.⁵⁷

Esta técnica rompe las suturas a través de un tornillo activo⁵⁵ que produce fuerzas laterales que se dirigen hacia las suturas inmaduras provocando el ensanchamiento de la dimensión transversal del maxilar; es decir separa a la premaxila, la cual luego se va a unir por hueso mediante un proceso llamado osteogénesis por distracción⁵⁸, con el fin de corregir las discrepancias dentofaciales transversales que son un constante problema esquelético en

la región craneofacial y son especialmente encontradas en pacientes en etapa de desarrollo con problemas en el complejo nasal; y que además presentan una respiración anormal.⁵⁹

La separación de la sutura media palatina se muestra de forma triangular en sentido anteroposterior con la base hacia la región anterior y en sentido inferior superior con la base hacia la cavidad bucal.⁶⁰ Debido a mayor resistencia de las láminas pterigoideas del hueso esfenoides y la rigidez de las suturas óseas cigomáticas, por esta causa se observa un diastema entre los incisivos centrales superiores que se cierra debido a la acción de las fibras transeptales.⁶¹ Durante la apertura activa de la sutura los incisivos se separan la mitad de la distancia abierta por el tornillo, se verticalizan e inclinan hacia lingual, debido al estiramiento de los músculos peribucles.¹¹

Indicaciones de la expansión rápida maxilar

La deficiencia transversal maxilar es un defecto dentofacial común, es por ello que se utiliza la técnica de ERM, la cual está indicada en pacientes en edad de crecimiento, ya que la ruptura de las suturas mediopalatinas y circunmaxilares producen un aumento de dicha dimensión transversal.⁶² En la actualidad las maloclusiones transversales son un problema frecuente en la población, bien sea por condiciones genéticas, ambientales o de otra índole. Este índice tiende a un aumento en los jóvenes debido a la presencia de problemas respiratorios, alimenticios, entre otros.⁶³

Dentro de la etiopatogenia de esta dismorfia transversal, se encuentran los factores genéticos condicionantes que se pueden asociar a una falta de desarrollo del maxilar, un exceso de desarrollo mandibular, una combinación de ambas. La maloclusión transversal de origen dentoalveolar es otro factor que se presenta en edades tempranas y usualmente en conjunto con el tipo de anomalía que afecta la base ósea.

También existen hábitos que pueden desencadenar esta anomalía de desarrollo como lo es la respiración bucal, este padecimiento está catalogado como hábito cuando se resuelve el problema de obstrucción nasal y el paciente en edad temprana continúa respirando por la boca. Este tipo de respiración tiene una serie de repercusiones a nivel general y en el desarrollo maxilofacial como el hipodesarrollo del maxilar superior, que puede ser global o sólo transversal.⁶³⁻⁶⁴

La deglución infantil es otro hábito que forma parte de la etiopatogenia de las malformaciones transversales del maxilar, ya que la posición de lengua baja para la

deglución del alimento líquido o semisólido es normal y fisiológica, donde la lengua se debe recargar en el paladar, provoca alteraciones transversales del hueso maxilar ya que la lengua no ejerce presión contra el paladar y el músculo buccinador continúa comprimiendo la maxila.⁶⁵ Existen hábitos de succión que pueden derivar en repercusiones sobre el desarrollo transversal del maxilar que como en la deglución atípica, la lengua se encuentra en una posición baja.

La realización de este tratamiento se indica en edades tempranas como desde los 7 años hasta los 12 a 13 años, ya que a esta edad se empiezan a integrar las suturas⁶⁶, es por eso que antes que se cierren las suturas el maxilar presentan una mayor elasticidad ósea y una menor resistencia a la expansión presentando una menor sintomatología de dolor en comparación a pacientes que terminaron su etapa de crecimiento.⁶⁷

Síndrome del respirador bucal

El síndrome de respiración bucal se caracteriza por un patrón de respiración bucal o respiración mixta crónica causada por obstrucción nasal o factores inflamatorios. La permanencia afecta al individuo globalmente, y especialmente en sus funciones estomatognáticas, postura y calidad de vida, por lo que se requiere atención multidisciplinaria⁴⁶. En general las causas más frecuentes de respiración bucal sustitutiva son las obstrucciones o la flacidez de la musculatura perioral. Según Pizarro y Tufik los trastornos del sueño manifiestan una prevalencia del 42% de los individuos con presencia del síndrome de respirador bucal, siendo mayor en varones y correlacionado con el hallazgo de hipertrofia adenotonsilar, ronquido primario en un 58% con una ocurrencia máxima de estos trastornos dentro del rango de edad de 4 a 7 años.⁴⁶

Las obstrucciones nasales pueden darse por hipertrofia de adenoides, desviación del tabique, un cuerpo extraño, hiperplasia de la mucosa, tumores, pólipos, fracturas o atrexis. Las hiperplasias de la mucosa se pueden producir por rinitis alérgica o vasomotora, sinusitis, irritación por olores o por polución. Las obstrucciones faríngeas ocurren con mayor frecuencia por hipertrofia de las amígdalas palatinas.⁴⁶

El paso del aire se encuentra regulado por tres mecanismos esfinterianos que son: esfínter anterior que está constituido por los labios, esfínter intermedio que se encuentra conformado por la lengua y el paladar duro y el esfínter posterior compuesto por el paladar blando y el dorso de la lengua.⁶⁸ Cuando fallan los esfínteres anteriormente mencionados,

se produce la respiración bucal obstructiva y pocas veces se presenta una obstrucción nasal completa, lo cual determina, si es una respiración buco-nasal o naso-bucal.⁶⁹

Los fenómenos obstructivos atribuibles a las lesiones de los esfínteres pueden coexistir con lesiones de los órganos buconasales como: pólipos nasales, que se constituyen en masas resultantes de la hipertrofia de la mucosa nasal y de los senos paranasales, que generan obstrucción en la región anterior o posterior de la nariz.⁶⁹

Por su parte, la rinitis alérgica generada por hipersensibilidad de la mucosa nasal a alérgenos comunes como: polvo, caspa, polen y venenos. La rinoescoliosis producida por traumas, alteraciones del crecimiento, deformaciones del cartílago nasal etc., que generan cambios en la conducta ventilatoria del sujeto. La hipertrofia adenoidea en la que el crecimiento del tejido linfóide adenoideo obstruye el paso del aire en el orificio posterior de la nariz. Y las vías nasales estrechas, asociado a la presencia de un maxilar estrecho que llega a disminuir el espacio entre los cornetes dificultando el paso de aire.⁶⁹

Dentro de las manifestaciones clínicas que produce este síndrome podemos encontrar que ocasiona un aumento en la dimensión del tercio medio e inferior de la cara, paladar profundo y estrecho, mordida cruzada posterior y anterior, mordida abierta anterior, labio superior corto e inferior evertido, retrusión mandibular, cabeza en posición adelantada⁷⁰, facies adenoideas, hipertrofia de amígdalas, cornetes o adenoides, así como, tabique nasal desviado.⁷¹

Además, se ha observado cambios posturales o bien adaptaciones posturales como lo son cifosis a nivel cervical, la cual se produce para optimizar la respiración y en este caso los hombros se inclinan hacia adelante, las escápulas resaltan hacia atrás y el esternón queda hundido, mientras que a nivel lumbar provoca lordosis a causa de la incorrecta posición pélvica.⁷² Un estudio sobre los cambios en la columna mostró anomalías como retracción del pecho, inclinación del tronco y cifosis torácica en los pacientes respiradores bucales.⁷³ Sumado a esto podemos mencionar su relación con los problemas de comportamiento y atención derivados del trastorno del sueño y una reducción de la calidad de vida.

Aparatología ortopédica para la expansión rápida maxilar

Existen diversas modificaciones en la aparatología para generar disyunción maxilar, entre los que destacan:

- Hass

Es un aparato mucodentosoportado⁷⁴, se caracteriza por tener una almohadilla acrílica que se apoya en las paredes laterales de la bóveda palatina para reforzar el anclaje y poder tener una mejor distribución de las fuerzas emitidas.⁷⁵

Confeccionado con barras de conexión palatinas con alambre de 1.2 mm de espesor, soldadas en las dos bandas de cada hemiarco en el primer molar y primer premolar. Los dos botones palatinos de resina acrílica que rodean las barras de conexión de cada cuadrante tocan el paladar, liberando solo las regiones de las papilas gingivales y la rugosidad palatina. El tornillo expansor, que es el elemento activo del dispositivo, se sumerge en la porción acrílica sobre el rafe palatino.⁷⁶ El tornillo expansor se debe colocar en el plano oclusal al tercio cervical de los dientes de manera que la estructura metálica quede menos inclinada y más paralela al plano oclusal, es decir el elemento activo del aparato, debe emerger de la porción acrílica sobre el rafe palatino.⁶⁷

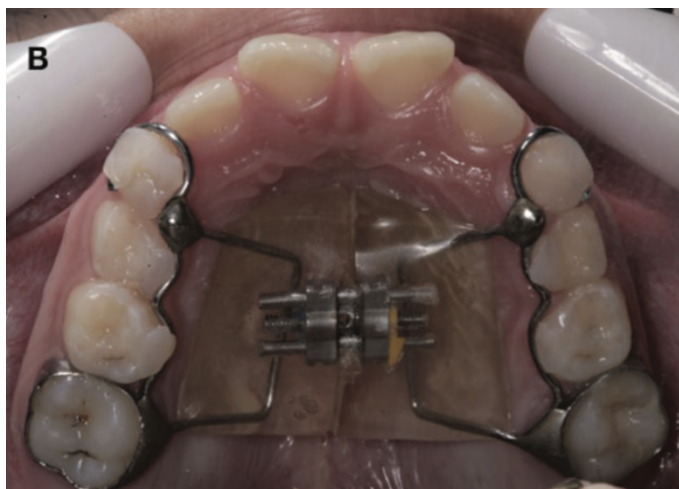


Figura 5. Fotografía oclusal Hass.⁷⁷

Una de las preocupaciones con este tipo de aparato es la resistencia del soporte acrílico en contacto íntimo con la mucosa palatina, ya que el dispositivo Haas irrita la mucosa palatina por empaquetamiento de alimentos.⁷⁸

El anclaje rígido con soporte dentomucoso, es responsable de la eliminación de los procesos maxilares a medida que se activa el tornillo, genera una fuerza que oscila entre 1000 y 3500 gr en una sola activación y acumula más de 7000 gr durante activaciones consecutivas contra los dientes superiores y el paladar. Este rompe la resistencia ósea y sutural, y separa los procesos maxilares y palatinos a un nivel de sutura palatina mediana.⁷⁹ Para la activación de este aparato se encuentran fases activas y pasivas que se desarrollan alrededor de 5 meses de uso para llegar a la osificación de la sutura palatina media.⁸⁰

Haas creó un protocolo de expansión de acuerdo a la edad del paciente, en donde especifica que un cuarto de vuelta corresponde a 0,25mm y que lo máximo que podemos dar son tres cuartos de vuelta.⁵⁶

Hasta 14 años de edad: 4 cuartos de vuelta al instalar el aparato, 2 cuartos de vuelta al día, 2 a 4 cuartos de vuelta en el control semanal, duración aproximada de 3 semanas, tornillo expansor abierto de 12 a 16 mm en estabilización, mantener el dispositivo en posición al menos 3 meses.

De 15 hasta 18 años de edad: 2 cuartos de vuelta al instalar el aparato, 1 cuarto de vuelta por día, 2 semanas entre los controles semanales de 1 a 2 cuartos de vuelta, duración aproximada 6 semanas, abertura del tornillo de 12 a 16mm en estabilización, mantener el dispositivo no menos de 3 meses.

De 18 hasta 25 años: 1 cuarto de vuelta en la instalación, 1 cuarto de vuelta en días alternos, observación cada 4 semanas, duración de 12 a 14 semanas, apertura del tornillo de 12 a 14 mm en estabilización al menos por 3 meses, el ajuste se modifica ocasionalmente dependiendo la comodidad del paciente.⁸¹

Puede existir una modificación del aparato cuando se presenta una dentición primaria y mixta contiene solo dos bandas en la región posterior adaptada en el segundo molar permanente. El diente de anclaje anterior, el canino caducifolio, no recibe una banda, sino una extensión de la barra de conexión que abraza este diente similar a una abrazadera "C".⁵⁵

- Hyrax

El expansor Hyrax es un aparato que emite sus fuerzas a través de los dientes, por ellos se considera un aparato dentosoportado, el cual se distingue del resto debido a que no presenta almohadilla acrílica próxima al paladar⁷⁴, esta característica diferenciadora

permite que este tipo de aparato sea más higiénico y sobre todo evita que los tejidos blandos se inflamen debido a la retención o acumulo de alimentos debajo delacrílico de la placa.⁷⁵

Iniciando con la adaptación de bandas en los primeros molares y premolares superiores permanentes, transferidos a un modelo de yeso que las contiene. El tornillo expansor es posicionado en un pequeño montículo de yeso para mantenerlo alejado del paladar, lateralmente, equidistante de ambos procesos alveolares maxilares y orientado para una activación de anterior a posterior. El marco metálico se caracterizó por la adaptación de segmentos redondos de alambre de acero 0.40" en la superficie vestibular de las bandas y 0.059" al tornillo expansor y la superficie palatina de las bandas. La soldadura se realizó en las barras vestibulares, palatinas y el tornillo expansor.⁷⁸

Este aparato solamente posee las bandas en los primeros premolares y primeros molares, los cuales son unidos a través de sus caras vestibulares y palatinas, estas bandas son unidas por medio de un alambre de acero inoxidable y en su centro se encuentra el tornillo de activación.⁸²

El anclaje de este aparato es puramente dental, la magnitud de las fuerzas, presentan una mayor cantidad de movimiento ortodóntico (movimiento dental) y movimiento ortopédico (movimiento óseo). La ausencia delacrílico palatino, permite una fácil limpieza, siendo aceptado por ortodoncistas y pacientes.

El nuevo tornillo de expansión prefabricado, presenta barras palatinas gruesas ya soldadas al tornillo, facilitando la confección del dispositivo de expansión higiénico.⁷⁸



Figura 6. Fotografía oclusal Hyrax.⁷⁷

La fase activa de este aparato también comprende activaciones diarias (una vuelta en el tornillo), este tornillo se encuentra lo más cercano posible al paladar para que realice los movimientos dentales y óseos hasta alcanzar una sobre corrección de 2 a 3 mm. Al final de la fase activa, el tornillo es fijado, siguiendo los mismos procedimientos realizados con el aparato de Haas.⁵⁶

El procedimiento de cementación, la elección del ionómero de vidrio es crucial, debido a las propiedades de retener las bandas en la estructura dental y la prevención de caries, con la liberación del fluoruro. Antes de instalar el dispositivo, se debe hacer una profilaxis con cepillo Robinson, una copa de goma, piedra pómez y agua, especialmente en los dientes que sostendrán el Hyrax.⁵⁵

- Expansión maxilar asistida con microtornillos

La expansión maxilar asistida con microtornillos (MARPE) ha surgido como una alternativa terapéutica innovadora para el tratamiento de discrepancias transversales del maxilar, especialmente en pacientes postpuberales donde la expansión maxilar rápida convencional (ERM) presenta limitaciones debido a la maduración y mayor interdigitación de la sutura palatina media. En este contexto, el trabajo de Ventura et al.⁸³ constituye una revisión paraguas que evalúa críticamente la evidencia disponible sobre MARPE a partir de revisiones sistemáticas publicadas hasta 2021.

Desde el punto de vista biomecánico, la MARPE se caracteriza por la incorporación de microtornillos anclados directamente en el hueso palatino, lo que permite transmitir las fuerzas expansivas de manera más eficiente hacia las estructuras esqueléticas, reduciendo la dependencia del soporte dentario. Esto se traduce en una mayor proporción de expansión esquelética en comparación con la RME convencional, la cual tiende a generar efectos dentoalveolares indeseables como la inclinación de los molares y efectos periodontales adversos.

En términos de resultados clínicos, la revisión reporta que la MARPE presenta una **alta tasa** de éxito promedio de aproximadamente 92.5%, lo que indica una elevada predictibilidad en la apertura de la sutura palatina incluso en pacientes con maduración esquelética avanzada. Asimismo, se documenta un incremento promedio del ancho maxilar esquelético de alrededor de 2.33 mm, con intervalos que pueden alcanzar hasta 4.5 mm, lo que confirma su capacidad para generar expansión transversal efectiva.

A nivel dentario, la MARPE también produce aumentos en las dimensiones transversales del arco, incluyendo incrementos en el ancho intermolar (aproximadamente 5.4 a 8.3 mm), interpremolar (5.3 a 6.1 mm) e intercanino (2.8 a 5.8 mm), lo que evidencia un efecto combinado esquelético y dentoalveolar, aunque con predominio del primero.

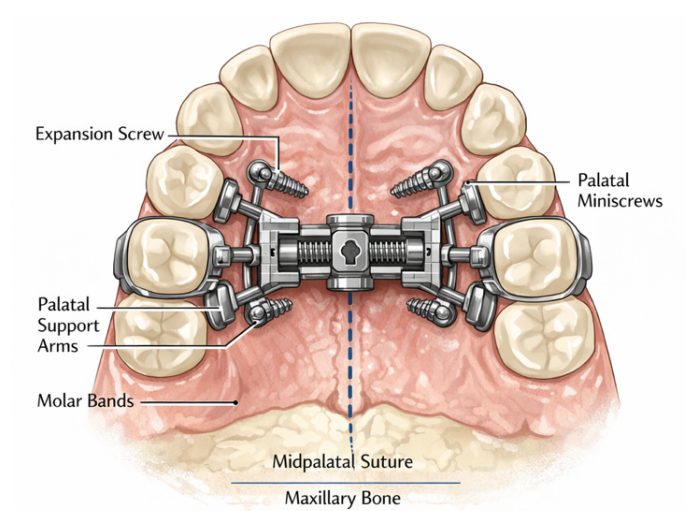


Figura 7. Vista oclusal de expansor maxilar asistido con microtornillos (MARPE).⁸⁴

Objetivos

Objetivo general

Analizar los efectos de la expansión rápida maxilar en la vía aérea en pacientes en crecimiento mediante una revisión de la literatura.

Objetivos específicos

- Determinar los efectos ortopédicos producidos por la ERM en la vía aérea en pacientes en crecimiento.
- Describir los diferentes métodos de expansión rápida del maxilar mediante el uso de aparatología ortopédica, así como determinar el momento oportuno para su indicación clínica.
- Definir los beneficios de la ERM en el crecimiento activo.

Metodología

Se realizó una revisión de la literatura con el objetivo de analizar la relación entre la expansión maxilar y los cambios en la vía aérea superior.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo del 05 de Julio 2025 al 25 de Marzo 2026, en bases de datos electrónicas como PubMed, Scopus y Web of Science, utilizando combinaciones de las siguientes palabras clave: *maxilar, expansión, expansión rápida, maxilar, vía aérea, maloclusión, apnea del sueño, crecimiento, cavidad nasal y vía aérea superior*.

Se incluyeron artículos publicados en los idiomas inglés y español, sin restricción inicial de año de publicación para el apartado de antecedentes y marco teórico, aunque se priorizaron estudios y artículos recientes tomando en cuenta del año 2020 a 2026 para asegurar la actualidad de la evidencia sobre los cambios de la vía aérea posterior a la ERM. Se consideraron estudios clínicos, ensayos controlados, estudios observacionales y revisiones sistemáticas relacionados con los efectos de la expansión maxilar sobre la vía aérea.

Como criterios de inclusión se establecieron estudios que evaluaran la expansión rápida del maxilar, investigaciones que analizaran cambios en la vía aérea superior o cavidad nasal y artículos con metodología claramente descrita. Se excluyeron reportes de caso aislados y artículos con información incompleta o sin acceso a texto completo.

La selección de los estudios se realizó en dos fases: primero mediante la revisión de 90 artículos, de los cuales tras la lectura de títulos y resúmenes, se seleccionaron 65 para la lectura completa y análisis crítico. Finalmente, se extrajeron y analizaron los datos más relevantes relacionados con los cambios estructurales y funcionales de la vía aérea tras la expansión maxilar.

Resultados y discusión

La expansión rápida maxilar (ERM) ha sido ampliamente estudiada como una intervención ortopédica efectiva para corregir discrepancias transversales del maxilar superior. En pacientes en crecimiento activo, los efectos esqueléticos y dentoalveolares de esta técnica han demostrado ser particularmente significativos debido a la alta capacidad de remodelación ósea presente en esta etapa del desarrollo.

Uno de los aspectos que ha generado creciente interés en la literatura reciente es su influencia sobre la morfología y funcionalidad de la vía aérea superior.

Los estudios revisados coinciden en que la ERM puede inducir cambios favorables en las dimensiones de la vía aérea, especialmente en las regiones nasales y nasofaríngeas. Investigaciones con métodos de evaluación tridimensional como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) muestran aumentos significativos en el volumen y área transversal de la cavidad nasal tras la expansión.⁸⁵⁻⁸⁶ Estos hallazgos sugieren una posible mejora en la resistencia de la vía aérea nasal y, por ende, en la función respiratoria.

Sin embargo, la magnitud y estabilidad de estos cambios varía dependiendo de factores como la edad del paciente, el protocolo de expansión utilizado, y el método de medición.

Asimismo, estudios como el de Iwasaki et al.⁸⁷ han reportado que, aunque hay un aumento inmediato del volumen de la vía aérea, parte de este efecto puede disminuir con el tiempo si no se acompaña de una retención adecuada o tratamiento funcional complementario.

Existen diferencias significativas en cuanto al uso de herramientas diagnósticas (CBCT vs. telerradiografías laterales), puntos anatómicos de referencia y tiempos de seguimiento, lo que dificulta una comparación directa entre investigaciones.

Además, muchos estudios tienen diseños observacionales con muestras pequeñas, lo que limita la generalización de los resultados.

Pese a estas limitaciones, varios autores han planteado la posible relación entre la ERM y la mejora de trastornos respiratorios del sueño en niños, como la apnea obstructiva del sueño (AOS) leve a moderada.

Efectos en la cavidad nasal

El conjunto de la evidencia analizada confirma que la cavidad nasal constituye la región de la vía aérea superior con la respuesta más consistente a la expansión maxilar rápida (RME), tanto en términos morfológicos como funcionales. No obstante, al examinar en detalle los resultados individuales de cada estudio, se observan matices importantes que enriquecen la interpretación global.

El metanálisis de Santana⁸⁸ proporciona una base cuantitativa sólida al reportar incrementos significativos en el ancho nasal, particularmente a nivel del piso nasal, con valores promedio entre 1.5 y 3 mm, y en algunos estudios incluidos alcanzando incluso cifras cercanas a 4 mm. Este aumento transversal se asocia con reducciones estadísticamente significativas de la resistencia nasal, lo que sugiere un beneficio funcional claro. Sin embargo, Santana⁸⁸ también señala una heterogeneidad considerable entre los estudios incluidos, atribuida principalmente a diferencias en edad, tipo de expansor y métodos de medición.

La revisión de Hodges Muñoz y Herrera Zavala¹ refuerza estos hallazgos desde un enfoque más descriptivo, destacando que la disyunción de la sutura palatina media no solo incrementa el ancho del paladar, sino que induce una expansión lateral de las paredes nasales. Este efecto es particularmente relevante en pacientes con constricción maxilar y respiración bucal, donde se observa una transición hacia patrones respiratorios nasales tras el tratamiento.

Cerritelli, desde la otorrinolaringología, aporta una perspectiva clínica complementaria al señalar que la RME puede mejorar la permeabilidad nasal y reducir síntomas como la congestión crónica. Sin embargo, advierte que estos beneficios dependen de la etiología de la obstrucción, siendo más evidentes en casos de constricción maxilar que en obstrucciones de origen inflamatorio o adenoideo severo.

Los estudios tridimensionales permiten un análisis más preciso de estos cambios. Korayem⁸⁹, utilizando CBCT, reporta incrementos en el volumen de la cavidad nasal de aproximadamente 10–20%, con diferencias estadísticamente significativas pre y post tratamiento. Además, observa que estos cambios son más marcados en pacientes en crecimiento activo, lo que sugiere una interacción entre la expansión ortopédica y el crecimiento natural.

De manera similar, De Julián López⁹⁰ encuentra aumentos volumétricos significativos, pero introduce un hallazgo relevante: la variabilidad interindividual. Algunos pacientes presentan cambios sustanciales, mientras que otros muestran incrementos modestos, lo que sugiere que factores anatómicos y funcionales individuales influyen en la respuesta.

El estudio de Niu⁹¹ profundiza en la distribución espacial de estos cambios, demostrando que el incremento volumétrico no es uniforme. Sus resultados indican que la mayor expansión ocurre en la región inferior de la cavidad nasal, con incrementos significativamente menores en la región superior. Este patrón confirma la apertura en “V” de la sutura palatina, donde la base se abre más que el vértice, lo que tiene implicaciones directas en la eficiencia del flujo aéreo.

Por otro lado, Aljawad⁹² introduce un elemento crítico al comparar pacientes tratados con un grupo control emparejado. Sus resultados muestran que, aunque existe un aumento volumétrico tras la ERM, el grupo control también presenta incrementos, aunque menores, lo que indica que el crecimiento natural contribuye parcialmente a los cambios observados. Este hallazgo pone en evidencia la necesidad de interpretar con cautela los resultados de estudios sin grupo control.

Finalmente, el trabajo de Xin Feng⁹³ aporta una dimensión funcional avanzada mediante análisis aerodinámico. Sus resultados demuestran que la ERM reduce significativamente la resistencia nasal y mejora la distribución del flujo aéreo, con patrones más laminares y menos turbulentos. Este enfoque confirma que los beneficios de la ERM no se limitan al aumento de volumen, sino que incluyen mejoras en la eficiencia respiratoria.

En conjunto, estos estudios permiten afirmar que el impacto de la ERM sobre la cavidad nasal es consistente, pero su magnitud y distribución dependen de factores como la edad, la técnica utilizada y las características anatómicas individuales.

Efectos en la orofaringe y la apnea del sueño

A diferencia de la cavidad nasal, los efectos de la ERM sobre la orofaringe presentan una mayor variabilidad, tanto en términos de magnitud como de significancia clínica. Esta heterogeneidad se refleja claramente al analizar los resultados individuales de los estudios incluidos.

El metanálisis de Balasubramanian⁹⁴ reporta aumentos en el volumen de la vía aérea superior, pero enfatiza que estos cambios son más consistentes en la nasofaringe. En la

orofaringe, los resultados son menos uniformes, con algunos estudios mostrando incrementos modestos (del orden del 5–10%) y otros sin cambios significativos. Esta variabilidad sugiere que la ERM tiene un efecto indirecto en esta región.

Korayem⁸⁹ también evalúa la vía aérea superior en su conjunto y encuentra incrementos volumétricos tras la ERM, aunque destaca que los cambios en la orofaringe son menores que en la cavidad nasal. Este patrón es consistente con la idea de que la expansión maxilar actúa principalmente sobre estructuras superiores.

De Julián López⁹⁰ reporta resultados similares, pero enfatiza la alta variabilidad entre pacientes, lo que sugiere que la respuesta orofaríngea depende de factores individuales como la postura lingual, el tono muscular y la anatomía faríngea.

El estudio de Aljawad⁹² refuerza esta interpretación al mostrar que, aunque existe un aumento en el volumen faríngeo, las diferencias con el grupo control no siempre son significativas, lo que indica que parte del cambio podría estar relacionado con el crecimiento natural o con adaptaciones funcionales.

El trabajo de Xin Feng⁹³ es particularmente relevante al integrar análisis anatómicos y aerodinámicos. En su estudio comparativo entre pacientes con y sin hipertrofia adenoidea, encuentra que aquellos con obstrucción previa presentan mayores mejoras relativas tras la ERM. Sin embargo, también demuestra que el aumento volumétrico no siempre se traduce en mejoras proporcionales en el flujo aéreo, lo que evidencia la complejidad de la dinámica respiratoria en la orofaringe.

Por su parte, el estudio de Kale y Buyukcavus⁹⁵ introduce la influencia de la protracción maxilar, mostrando que los cambios en la vía aérea faríngea también dependen del desplazamiento anteroposterior del maxilar. Esto sugiere que la ERM, al actuar principalmente en sentido transversal, puede tener un efecto limitado en comparación con terapias que modifican la posición sagital del maxilar.

En relación con la apnea obstructiva del sueño, los estudios revisados sugieren una tendencia hacia la mejoría de los síntomas, especialmente en niños, pero la evidencia es insuficiente para establecer conclusiones definitivas. La falta de estudios con seguimiento a largo plazo y mediciones objetivas limita la interpretación clínica de estos hallazgos.

Factores que modifican la respuesta

- Tipo de anclaje: dentosoportado (Hyrax) vs mucodentosoportado (Haas)

El tipo de anclaje constituye uno de los determinantes biomecánicos más relevantes en la respuesta a la expansión maxilar, ya que condiciona directamente la forma en que las fuerzas se transmiten al complejo maxilar y, en consecuencia, el grado de apertura sutural y el impacto sobre la vía aérea. Los expansores dentosoportados, como el Hyrax, transmiten la fuerza principalmente a través de los dientes posteriores, lo que genera una combinación de efectos esqueléticos y dentoalveolares. Diversos estudios incluidos en el metanálisis de Santana⁸⁸ y en la revisión de Hodges Muñoz¹ sugieren que este tipo de anclaje tiende a producir mayor inclinación bucal de los molares y una apertura sutural menos uniforme, generalmente en forma de “V”, con mayor expansión anterior que posterior.

En contraste, los expansores mucodentosoportados, como el Haas, incorporan unacrílico palatino que distribuye las fuerzas sobre una mayor superficie del paladar, lo que favorece una transmisión más homogénea hacia la sutura palatina. Aunque los estudios comparativos directos son limitados, la evidencia clínica sugiere que el Haas puede inducir una mayor proporción de cambio esquelético, con menor componente dentario. Esto tiene implicaciones directas sobre la cavidad nasal, ya que una expansión más esquelética tiende a generar un aumento más efectivo del volumen nasal.

El ensayo clínico de Cheung et al.⁹⁶ aporta datos relevantes al comparar Hyrax, Hybrid-Hyrax y Keles, mostrando que los dispositivos con mayor componente esquelético logran una expansión más paralela y menos inclinación dentaria. Sin embargo, es importante destacar que, aunque estas diferencias biomecánicas son claras, los cambios en el volumen de la vía aérea no siempre reflejan diferencias estadísticamente significativas entre dispositivos, lo que sugiere que la relación entre tipo de anclaje y efecto respiratorio no es lineal.

- Expansión asistida con microtornillos (MARPE)

La introducción de la expansión maxilar asistida con microtornillos (MARPE) ha representado un cambio paradigmático en la ortopedia maxilar, especialmente en pacientes con maduración esquelética avanzada. A diferencia de los expansores tradicionales, la MARPE ancla directamente en el hueso mediante microimplantes, lo que permite transmitir las fuerzas de manera más eficiente a la sutura palatina.

El estudio de Hongyi Tang⁷ demuestra que la MARPE produce una apertura sutural más paralela, en contraste con la apertura en “V” observada en la ERM convencional. Este patrón de expansión más uniforme se traduce en incrementos más homogéneos en la cavidad nasal, lo que podría explicar las mejoras aerodinámicas más consistentes observadas en este tipo de tratamiento. Además, Tang⁷ reporta una reducción significativa de los efectos secundarios dentales, como la inclinación molar, lo que refuerza la idea de que la MARPE maximiza el componente esquelético de la expansión.

Otro aspecto relevante es que la MARPE permite lograr expansión en pacientes donde la ERM convencional sería insuficiente, particularmente en adolescentes tardíos y adultos jóvenes. En este sentido, los estudios sugieren que la MARPE no solo amplía las indicaciones clínicas de la expansión maxilar, sino que también puede generar efectos más predecibles sobre la vía aérea superior.

- Edad, punto de corte y maduración esquelética

La edad del paciente y, más específicamente, el grado de maduración de la sutura palatina media, son factores determinantes en la respuesta al tratamiento. Los estudios revisados coinciden en que existe una relación inversa entre la maduración sutural y la magnitud de la respuesta esquelética.

En pacientes prepuberales, como señalan Santana⁸⁸ y Cerritelli⁹⁷, la sutura palatina presenta menor interdigitación y mayor capacidad de respuesta a las fuerzas ortopédicas, lo que permite una apertura sutural efectiva con RME convencional. En este grupo, los cambios observados en la cavidad nasal son más pronunciados y consistentes, lo que explica los resultados más favorables reportados en estudios pediátricos como los de Korayem.⁸⁹

En adolescentes, la respuesta se vuelve más variable, ya que la sutura comienza a interdigitarse. En estos casos, la expansión incluye un componente significativo dentoalveolar, lo que puede limitar el impacto esquelético y, por ende, el efecto sobre la vía aérea.

En adultos, la sutura palatina suele estar altamente interdigitada o incluso fusionada, lo que dificulta su apertura mediante ERM convencional. Esto explica por qué estudios como el de Aljawad⁹² reportan resultados más modestos en muestras con mayor edad promedio. En estos casos, la MARPE o la expansión quirúrgicamente asistida se convierten en alternativas necesarias para lograr efectos esqueléticos reales.

Este factor también ayuda a interpretar la heterogeneidad entre estudios, ya que muchos no controlan adecuadamente la maduración esquelética, lo que puede sesgar los resultados.

- Estabilidad a largo plazo de los cambios

La estabilidad de los cambios inducidos por la expansión maxilar es un aspecto crítico, especialmente cuando se evalúa su impacto sobre la vía aérea. Aunque la literatura disponible presenta limitaciones en cuanto a seguimiento a largo plazo, algunos patrones pueden identificarse.

Los cambios en la cavidad nasal parecen ser relativamente estables, especialmente cuando la expansión es predominantemente esquelética. Esto es consistente con los hallazgos de Santana⁸⁸ y con las observaciones clínicas reportadas por Cerritelli⁹⁷, quienes sugieren que la mejora en la permeabilidad nasal puede mantenerse en el tiempo, particularmente si se corrigen hábitos respiratorios asociados.

Sin embargo, la estabilidad de los cambios en la orofaringe es más incierta. Estudios como los de Balasubramanian⁹⁴ y Aljawad⁹² indican que los incrementos volumétricos en esta región pueden disminuir con el tiempo o depender de factores funcionales como la postura lingual y el tono muscular. Esto sugiere que los cambios faríngeos podrían ser más adaptativos que estructurales.

Además, la posibilidad de recidiva transversal del maxilar puede comprometer parcialmente los beneficios obtenidos, especialmente en casos donde el componente dentoalveolar es predominante. En este sentido, los dispositivos que favorecen una expansión más esquelética, como la MARPE, podrían ofrecer una mayor estabilidad a largo plazo.

- Integración crítica de los factores

Al integrar estos factores, se observa que la respuesta a la expansión maxilar no depende de un solo elemento, sino de la interacción entre biomecánica (tipo de anclaje), biología (edad y maduración sutural) y técnica (uso de microtornillos). Los estudios coinciden en que una mayor proporción de expansión esquelética se asocia con cambios más significativos y estables en la cavidad nasal, mientras que los efectos sobre la orofaringe siguen siendo más variables.

Esta complejidad explica la heterogeneidad de los resultados reportados en la literatura y subraya la importancia de una planificación individualizada del tratamiento, basada no solo en la edad cronológica, sino en la evaluación tridimensional de la sutura palatina y de la vía aérea superior.

En conjunto, los estudios analizados permiten establecer que la ERM tiene un efecto robusto y consistente sobre la cavidad nasal, tanto en términos anatómicos como funcionales, mientras que su impacto sobre la orofaringe y la apnea del sueño es más variable y dependiente de factores individuales. El tipo de anclaje, la incorporación de microtornillos y el momento de intervención en relación con la maduración esquelética son determinantes clave que modulan la magnitud y estabilidad de los cambios observados. Esta heterogeneidad metodológica y clínica resalta la necesidad de enfoques personalizados y de estudios longitudinales más rigurosos que permitan clarificar el verdadero alcance terapéutico de la expansión maxilar sobre la vía aérea superior.

Finalmente, es importante destacar que aún existe un vacío en la investigación sobre este tema. Son escasos los estudios que evalúan los efectos de la ERM en la vía aérea a largo plazo en pacientes en crecimiento, lo cual es fundamental para determinar la estabilidad y relevancia clínica de estos hallazgos.

Conclusión

La presente revisión de la literatura permitió evidenciar que la expansión rápida maxilar (ERM) produce cambios significativos en la morfología de la vía aérea superior en pacientes con crecimiento activo, particularmente a nivel de la cavidad nasal y la nasofaringe. Aunque estos cambios sugieren una mejora funcional de la vía aérea, la evidencia sobre su impacto en la apnea obstructiva del sueño es favorable en casos seleccionados (pacientes pediátricos con constricción maxilar evidente), no respalda su uso como tratamiento único y universal para la AOS.

Las limitaciones metodológicas actuales, heterogeneidad en métodos de evaluación, uso variable de CBCT vs. telerradiografía, puntos de referencia inconsistentes, seguimientos cortos y tamaños de muestra reducidos exigen estudios prospectivos mayores, con protocolos estandarizados (incluyendo CBCT), grupos control y seguimientos a largo plazo para confirmar la magnitud y estabilidad clínica de los efectos. De igual manera el ortodoncista debe considerar el potencial beneficio respiratorio de la ERM al planificar el tratamiento de una deficiencia transversal, promoviendo un enfoque interdisciplinario con el otorrinolaringólogo, alergólogo, pediatra etc., para optimizar los resultados funcionales, asegurar el seguimiento y la estabilidad en estos pacientes,

Referencias

1. Hodges Muñoz C, Herrera Zavala R. Efecto de la expansión ósea maxilar en la vía aérea nasofaríngea: Una revisión bibliográfica. *An Fac Cienc Méd (Asunción)*. 2022; 55(3): 99-104.
2. Oliveira NL, Silveira AC, Kusnoto B, Viana G. Three-dimensional assessment of morphologic changes of the maxilla: a comparison of 2 kinds of palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004; 126(3): 354-62.
3. Siqueira DF, Almeida RR, Henriques JFC. Avaliação cefalométrica em norma frontal, das alterações dento-esqueléticas produzidas pelo aparelho expensor fixo com cobertura de acrílico. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2002; 7(5): 27-44.
4. Rangel Solano A, Núñez Vivas EDN, Calderón Padrón MC. Efectividad de los procedimientos no quirúrgicos en la expansión maxilar: una revisión sistemática. *Rev Venez Invest Odont IADR*. 2016; 4(1): 66-83.
5. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion: tooth-tissue-borne vs. tooth-borne expanders: A CT evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod*. 2005; 75(4): 548-57.
6. Baratieri C, Alves M Jr, Mattos CT, Lau GW, Nojima LI, de Souza MM. Efectos transversales sobre el complejo nasomaxilar un año después de la rápida expansión maxilar como única intervención: un estudio controlado. *Dent Press J Orthod*. 2014; 19(5): 79–87.
7. Tang H, Liu P, Xu Q, Hou Y, Guo J. A comparative analysis of aerodynamic and anatomic characteristics of upper airway before and after mini-implant–assisted rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021; 159(4): e267-e276.
8. Puerta G. Expansión rápida maxilar. Informe de un caso. *Colombia Médica*. 2001; 32(3): 152-155.
9. Angell EH. Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dent Cosmos*. 1860; 1: 540-44, 599-600.

10. Korkhaus G. Present orthodontic thought in Germany: jaw widening with active appliances in cases of mouth breathing. *Am J Orthod.* 1960; 46(3): 187-206.
11. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod.* 1961; 35(3): 200-17.
12. Reyneke JP, Conley RS. Surgical/Orthodontic Correction of Transverse Maxillary Discrepancies. En: *Principles of Oral and Maxillofacial Surgery*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2019.
13. Camargo D, Olaya E, Torres E. Teorías del crecimiento craneofacial: una revisión de literatura. *Ustasalud.* 2017; 16: 78-88.
14. Enlow DH. Crecimiento craneofacial. 3ra ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2006. p. 26-29.
15. Moore KL, Persaud TVN, Torchia MG. Embriología clínica. 9na ed. Barcelona: Elsevier Saunders; 2013.
16. Kardong KV. Vertebrates: comparative anatomy, function and evolution. 6th ed. New York: McGraw-Hill; 2012.
17. Pachajoa H, Moreno F. Células de la cresta neural: Evolución, bases embrionarias y desarrollo cráneo-facial. Revisión sistemática de la literatura. *Rev Fac Med.* 2015; 63(1): 111-121.
18. Rodríguez J. Morfogénesis embrionaria somítica y faríngea: cara y cuello. *Rev Act Odontol Venez.* 2018; 56(1).
19. Diogo R, Kelly RG, Christiaen L, Levine M, Ziermann JM, Molnar JL, et al. A new heart for a new head in vertebrate cardiopharyngeal evolution. *Nature.* 2015; 520(7548): 466-473.
20. Kuratani S. Cephalic neural crest cells and the evolution of craniofacial structures in vertebrates: morphological and embryological significance of the premandibular-mandibular boundary. *Zoology.* 2005; 108(1): 13-25.
21. Sperber GH, Sperber SM, Guttman GD. Craniofacial embryology. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2018.
22. Carlson BM. Embriología Humana y Biología del desarrollo. 5ta ed. Madrid: Elsevier Saunders; 2014.

23. Sadler TW. Langman Embriología médica. 12ma ed. Buenos Aires: Wolters Kluwer Health; 2015.
24. Magreni A, May J. Embryology of the oral structures. Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg. 2015; 26(3): 120-125.
25. Scott JH. The analysis of facial growth from fetal life to adulthood. Angle Orthod. 1963; 33(2): 110-13.
26. Sicher H. Oral Anatomy. 2da ed. St. Louis: CV Mosby; 1952.
27. Moss ML. The functional matrix. En: Kraus BS, Riedel RA, editores. Vistas in Orthodontics. Philadelphia: Lea & Febiger; 1962. p. 85-103.
28. Petrovic A. Mechanisms and regulation of mandibular condylar growth. Acta Morphol Neerl Scand. 1972; 10(1): 25-34.
29. Mao JJ. Mechanobiology of craniofacial sutures. J Dent Res. 2002; 81(5): 288-294.
30. Donnely H, et al. Bone and cartilage differentiation of a single stem cell population driven by material interface. J Tissue Eng. 2017; 8: 2041731417714828.
31. Thilander B, Pena L, Infante C, Parada SS, de Mayorga C. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in children and adolescent in Bogota, Colombia. Eur J Orthod. 2001; 23(2): 153-67.
32. Rönning O. Basicranial synchondroses and the mandibular condyle in craniofacial growth. Acta Odontol Scand. 1995; 53(3): 162-6.
33. Brons S, van Beusichem ME, Bronkhorst EM, Draaisma JM, Bergé SJ, Schols JG, et al. Methods to quantify soft tissue-based cranial growth and treatment outcomes in children: a systematic review. PLoS One. 2014; 9(8): e105743.
34. Quiros JG, Pérez Osorio LJ, Calderón JC. Influencia del músculo pterigoideo lateral en el crecimiento del cartílago condilar mandibular. Rev Cienc Salud. 2013; 11(1): 105-19.
35. Klinge A, Becktor K, Lindh C, Becktor JP. Craniofacial height in relation to cross-sectional maxillary and mandibular morphology. Prog Orthod. 2017; 18(1): 32.
36. Ahmed MK, Ye X, Taub PJ. Review of the Genetic Basis of Jaw Malformations. J Pediatr Genet. 2016; 5(4): 209-219.

37. Manlove AE, Romeo G, Venugopalan SR. Craniofacial Growth: Current Theories and Influence on Management. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2020; 32(2): 167-75.
38. Weinmann JP, Sicher H. Bone and bones. *Fundamentals of bone biology.* 2nd ed. St. Louis: CV Mosby Co; 1955.
39. Ranly DM. Craniofacial growth. *Dent Clin North Am.* 2000; 44(3): 457-70.
40. Velayos JL. *Anatomía de la cabeza: para odontólogos.* 4ta ed. Madrid: Médica Panamericana; 2007.
41. Silva Filho OG, Graziani GF, Lauris RCMC, Lara TS. Ossificação da sutura palatina mediana após o procedimento de expansão rápida da maxila: estudo radiográfico. *Dent Press J Orthod.* 2008; 13(2): 124-31.
42. Ramirez-Diaz RE, Watanabe Kanno GA. Maduración esquelética de mano y muñeca y osificación de sutura media palatina en adolescentes: una revisión de literatura. *Rev Cient Odontol (Lima).* 2023; 11(3): e167.
43. Stone DJ, Gal TJ. Airway Anatomy. En: Miller RD, editor. *Miller's Anesthesia.* 5th ed. New York: Churchill-Livingstone; 2000. p. 1414-1451.
44. Isaacs RS, Sykes JM. Anatomy and physiology of the upper airway. *Anesthesiol Clin North Am.* 2002; 20(4): 733-745.
45. Sologuren N. Anatomía de la vía aérea. *Rev Chil Anest.* 2009; 38(2): 78-83.
46. Ruiz Varela MA, Cerecedo Pastor A. Síndrome del respirador bucal. Aproximación teórica y observación experimental. *Cuad Audición Lenguaje.* 2002; 3(2): 13-56.
47. Brimacombe JR. Anatomy. En: *Laryngeal Mask Anesthesia.* 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Limited; 2005. p. 73-104.
48. Ovassapian A. Anatomy of the airway. En: *Fiberoptic Endoscopy and the Difficult Airway.* 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1996. p. 17-26.
49. Thurnher D. The glottis and subglottis: an otolaryngologist's perspective. *Thorac Surg Clin.* 2007; 17(4): 549-560.
50. Fried MP, Meller SM. Adult laryngeal anatomy. En: Fried MP, editor. *The larynx: a multidisciplinary approach.* Boston: Little, Brown; 1988. p. 41-50.

51. Aguilar-Salas M, Benavides-Febres E. Expansión rápida maxilar asistida con microimplantes. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac*. 2019; 41(1): 44-46.
52. Rangel Solano A, Núñez Vivas EDN, Calderón Padrón MC. Efectividad de los procedimientos no quirúrgicos en la expansión maxilar: una revisión sistemática. *Rev Venez Invest Odont IADR*. 2016; 4(1).
53. Sánchez-Súcar AM, Sánchez-Súcar FB, Almerich-Silla JM, Paredes-Gallardo V, Montiel-Company JM, García-Sanz V, et al. Effect of rapid maxillary expansion on sleep apnea-hypopnea syndrome in growing patients. A meta-analysis. *J Clin Exp Dent*. 2019; 11(8): e759-e767
54. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006; 129(6): 749-58.
55. Vallejo-Izquierdo LA, Collantes-Acuña JE, Rockenbach-Binz MC, Vallejo-Izquierdo KK, Vallejo-Izquierdo DE. Eficácia dos aparelhos de expansão rápida da maxila Hyrax e Haas. *J Multidiscip Dent*. 2020; 10(1): 84-90.
56. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. 4th ed. St. Louis: Elsevier Mosby; 2007.
57. Will LA. Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000; 117(5).
58. Stark TR, Pozo-Alonso M, Daniels R, Camacho M. Pediatric Considerations for Dental Sleep Medicine. *Dental Clin North Am*. 2018; 62(3): 473-477.
59. Baratieri C, Alves M, de Souza MM, Mai LC, de Souza-Araújo MT. Does rapid maxillary expansion have long-term effects on airway dimensions and breathing? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011; 140(2): 146-56.
60. Bramante FS, Almeida RR. Estudo cefalométrico em norma lateral das alterações dento-esqueléticas produzidas por três expansores: colado, tipo Haas e Hyrax. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Maxilar*. 2002; 7(3): 19-41.
61. Ferreira CMP, Ursi W, Atta JY, Lyra MCO, Lyra FA. Efeitos dentais e esqueléticos mediatos da ERM utilizando o disjuntor Hyrax. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial*. 2007; 12(4): 36-48.

62. Jones JP, Elnagar MH, Perez DE. Temporary Skeletal Anchorage Techniques. En: Principles of Oral and Maxillofacial Surgery. Philadelphia: Elsevier; 2019.
63. Mata J, Zambrano F, Quirós O, Farias M, Rondón S, Lerner H, et al. Expansión rápida de maxilar en maloclusiones transversales: Revisión bibliográfica. Rev Latinoam Ortod Odontopediatr. 2007.
64. Ricardo-Reyes M, Comas-Mirabent RB, Martínez-Ramos MR, Mok-Barceló P. Expansión rápida del maxilar con el tornillo Hyrax en un adolescente. MEDISAN. 2015; 19(3): 417-421.
65. Canut-Brusola JA. Ortodoncia clínica. 3ra ed. Barcelona: Salvat; 1991.
66. Lopera AM, Botero PM. Tratamiento para la corrección de mordidas cruzadas posteriores bilaterales. Rev CES Odont. 2010; 23(1): 69-78.
67. Ramires T, Alcântara-Maia R, Barone JR. Nasal cavity changes and the respiratory standard after maxillary expansion. Rev Bras Otorrinolaringol. 2008; 74(5): 763-9.
68. Meneghello J. Pediatría. 4ta ed. Santiago de Chile: Editorial Mediterráneo; 1991.
69. Quirós-Álvarez OJ. Bases biomecánicas y aplicaciones clínicas en ortodoncia interceptiva. 4ta ed. Bogotá: Amolca; 2006. p. 77-80.
70. Nowak AJ, Christensen JR, Mabry TR, Townsend JA, Wells MH. Oral Habits. En: Pediatric Dentistry: Infancy through Adolescence. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2019. p. 386-93.
71. Wieler W, Barros A, Barros L, Camargo S, Ignacio S, Maruo H, et al. A combined protocol to aid diagnosis of breathing mode. Rev Clín Pesq Odontol. 2007; 3(2): 101-14.
72. Bennett JC. Orthodontic management of uncrowded Class II division one malocclusion in children. London: Mosby; 2006.
73. Conti PB, Sakano E, Ribeiro MA, Schivinski CI, Ribeiro JD. Assessment of the body posture of mouth-breathing children and adolescents. J Pediatr (Rio J). 2011; 87(4): 357-363.
74. Pedron-Oltramari PV, Araújo MC, Rico-Bocato J, Rodrigues-de-Almeida M, de Castro-Ferreira-Conti AC, Freire-Fernandes TM. Tomographic evaluation of dentoskeletal effects of rapid maxillary expansion using Haas and Hyrax palatal

- expanders in children: A randomized clinical trial. *J Clin Exp Dent*. 2020; 12(10): e922-30.
75. Weissheimer A, de Menezes LM, Mezomo M, Dias DM, de Lima EMS, Rizzatto SMD. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and Hyrax-type expanders: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 137(6): 730.e1-15.
76. Souza MM, et al. Análise morfológica do arco superior de portadores de fissura labiopalatal submetidos a diferentes protocolos de expansão rápida maxilar: avaliação das alterações maxilares. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial*. 2009; 14(5): 82-91.
77. Araújo MC, Bocato JR, Oltramari PVP, de Almeida MR, Conti ACCF, Fernandes TMF. Tomographic evaluation of dentoskeletal effects of rapid maxillary expansion using Haas and Hyrax palatal expanders in children: A randomized clinical trial. *J Clin Exp Dent*. 2020; 12(10): e922-30.
78. Biederman W. A hygienic appliance for rapid expansion. *J Pract Orthod*. 1968; 2(2): 67-70.
79. Capelozza-Filho L, Silva-Filho OG. Expansão rápida da maxila: considerações gerais e aplicação clínica. Parte I. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial*. 1997; 2(3): 88-102.
80. Quaglio CL, de Freitas KM, de Freitas MR, Janson G, Henriques JF. Stability and relapse of maxillary anterior crowding treatment in Class I and Class II Division 1 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011; 139(6): e768-e774.
81. Lima-Filho RMA. Alterações na dimensão transversal pela expansão rápida da maxila. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2009; 14(5): 146-57.
82. Babacan H, Sokucu O, Almeida A, Erdem A. Effects of rapid maxillary expansion on nasal breathing and some naso-respiratory problems in growing children. *J Int Med Res*. 2008; 36(5): 1120-1126.
83. Ventura V, Botelho J, Machado V, Mascarenhas P, Durand Pereira F, Mendes JJ, et al. Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE): An Umbrella Review. *J Clin Med*. 2022; 11(5): 1287.

84. Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. *Dent Press J Orthod*. 2016; 21(4): 17–23.
85. Pirelli P, Saponara M, Guilleminault C. Rapid maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea syndrome. *Sleep*. 2004; 27(4): 761-766.
86. Zhao Y, Nguyen DJ, Ghafari JG. A comparative analysis of aerodynamic and anatomic changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021; 160(2): 233-241.
87. Iwasaki T, Yoon A, Guilleminault C, Yamasaki Y, Liu SY. How does rapid maxillary expansion improve nasal airway obstruction? A computational fluid dynamics study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020; 157(4): 471-477.
88. Santana DMC, Nogueira VS, Lima SAM, Fernandes LPA, Weber SAT. The effect of rapid maxillary expansion in children: a meta-analysis. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2022; 88(6): 907-916.
89. Korayem MA. Effects of Rapid Maxillary Expansion on Upper Airway Volume in Growing Children: A Three-Dimensional Cone-Beam Computed Tomography Study. *Cureus*. 2023; 15(1): e34274.
90. de Julián-López C, Veres J, Marqués-Martínez L, García-Miralles E, Arias S, Guinot-Barona C. Upper airway changes after rapid maxillary expansion: three-dimensional analyses. *BMC Oral Health*. 2022; 22(1): 455.
91. Niu X, Motro M, Will LA, Cornelis MA, De Luca Canto G, Kohut BE, et al. Does rapid maxillary expansion enlarge the nasal cavity and pharyngeal airway? A three-dimensional assessment based on validated analyses. *Orthod Craniofac Res*. 2020; 23(1): 117-125.
92. Aljawad H, Lee KM, Baek SH, Lim WH. Three-dimensional evaluation of upper airway changes following rapid maxillary expansion: A retrospective comparison with propensity score matched controls. *PLoS One*. 2021; 16(7): e0255268.
93. Feng X, Chen Y, Hellén-Halme K, Cai W, Shi XQ. The effect of rapid maxillary expansion on the upper airway's aerodynamic characteristics. *BMC Oral Health*. 2021; 21(1): 134.

94. Balasubramanian S, Kalaskar R, Kalaskar A. Rapid Maxillary Expansion and Upper Airway Volume: Systematic Review and Meta-analysis on the Role of Rapid Maxillary Expansion in Mouth Breathing. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022; 15(5): 617–630.
95. Kale B, Buyukcavus MH. Determining the short-term effects of different maxillary protraction methods on pharyngeal airway dimensions. *Orthod Craniofac Res.* 2021; 24(4): 543-552. doi: 10.1111/ocr.12471.
96. Cheung GC, Dalci O, Mustac S, Papageorgiou SN, Hammond S, Darendeliler MA, et al. The upper airway volume effects produced by Hyrax, Hybrid-Hyrax, and Keles keyless expanders: a single-centre randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 2021; 43(3): 254-264. doi: 10.1093/ejo/cjaa065.
97. Cerritelli L, Hatzopoulos S, Catalano A, Bianchini C, Cammaroto G, Meccariello G, et al. Rapid Maxillary Expansion (RME): An Otolaryngologic Perspective. *J Clin Med.* 2022; 11(17): 5156. doi: 10.3390/jcm11175156.