



**CAMBIOS DIMENSIONALES DE LAS VÍAS AÉREAS Y PERMEABILIDAD
RESPIRATORIA EN PACIENTES TRATADOS CON ORTOPEDIA FUNCIONAL.**

AUTORES

ESTEFANÍA CONTRERAS HURTADO

MARILYN MELO MENESES

COLEGIO ODONTOLÓGICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA – UNICOC

ESPECIALIZACIÓN DE ORTODONCIA ORTOPEDIA MAXILAR

SANTIAGO DE CALI

20 DE JUNIO DE 2025



**CAMBIOS EN LA VÍA AÉREA Y PERMEABILIDAD RESPIRATORIA ANTES Y
DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE ORTOPEDIA.**

AUTORES

ESTEFANIA CONTRERAS HURTADO

MARILYN MELO MENESES

DIRECTOR

ANDRES BRAVO MEJIA

CODIRECTOR

CARLOS HUMBERTO MARTINEZ

ASESOR ESTADÍSTICO

JULIAN TAMAYO

COLEGIO ODONTOLÓGICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC

ESPECIALIZACIÓN DE ORTODONCIA ORTOPEDIA MAXILAR

DEDICATORIA

"El éxito no es solo el resultado de un esfuerzo individual, sino la culminación del apoyo, la colaboración y el compromiso de muchos." - Brian J. Dyson

A Dios por siempre abrirme las puertas hacia nuevas oportunidades concediéndonos fortaleza, sabiduría, para continuar siempre hacia adelante y no dudar de que lograremos nuestros sueños siendo siempre la brújula que orientó cada instante de este camino académico, A EL Gloria y Honor por siempre.

A nuestros pacientes, quienes han sido el motor principal que impulsó este estudio. Su participación ha dado luz a la comprensión de los cambios en la permeabilidad de la vía aérea, brindando un propósito significativo a esta investigación.

A nuestra familia, por su aliento y presencia, siendo nuestra inspiración para alcanzar cada meta trazada.

A nuestros compañeros, cuya colaboración y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo y éxito de este estudio.

A nuestros mentores y guías, en especial al Doctor Andrés Alberto Mejía, por su invaluable orientación, sabiduría y apoyo.

A todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a este trabajo con su tiempo, conocimiento y esfuerzo, les dedico este estudio investigativo proyectado a mejorar la calidad de vida de las generaciones venideras.

Este estudio está dedicado con gratitud a aquellos cuyas vidas y esfuerzos han sido el corazón latente de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos sinceramente a al Doctor Andrés Alberto Mejía por su orientación, apoyo incondicional y valiosos aportes que fueron fundamentales en cada etapa de este estudio.

Asimismo, nuestro reconocimiento especial a todos los profesionales de la Clínica de ortopedia maxilar del colegio odontológico de Colombia sede Cali, cuya colaboración y disposición fueron vitales para llevar a cabo este trabajo. Agradecemos su tiempo, conocimientos y contribuciones que enriquecieron significativamente este proyecto.

Además, queremos extender nuestra gratitud a los pacientes que participaron en este estudio, su compromiso y confianza fueron esenciales para la recolección de datos y el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, a nuestra familia y amigos, por su constante apoyo, comprensión y ánimo durante este proceso académico siendo el pilar fundamental en la realización de nuestros sueños.

Este trabajo no habría sido posible sin el respaldo y colaboración de cada una de las personas mencionadas. Sus aportes fueron fundamentales para el logro de este objetivo académico

¡Mil gracias a todos!

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	11
4. MARCO TEÓRICO	14
4.1 Bases anatómicas y fisiológicas del sistema respiratorio	14
4.1.1 Vía aérea superior (VAS).....	14
4.1.2 Vía aérea inferior (VAI)	14
4.1.3 Anatomía Funcional de la Vía Aérea Superior.....	15
4.2 LA RESPIRACIÓN Y EL DESARROLLO CRANEOFACIAL	16
4.2.1 El Síndrome del Respirador Bucal: repercusiones funcionales y estructurales.....	17
4.3 EVALUACIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS	19
4.3.1 Evaluación de las características faciales:.....	19
4.3.2 Análisis postural:	20
4.3.3 Radiografía lateral de cráneo (Telerradiografía).....	20
4.3.4 Tomografía computarizada (TC), Resonancia Magnética (RM) y Cone Beam CT (CBCT).....	21
4.3.5 Métodos Funcionales y Clínicos.....	21
6. OBJETIVOS	27
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
7. METODOLOGÍA	28
7.1 DISEÑO DEL ESTUDIO	28
7.2 POBLACIÓN OBJETIVO	28
7.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN	28
7.3.1 Criterios de inclusión.....	28
7.3.2 Criterios de exclusión.....	28
7.4 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO	29
7.4.1 Cálculo del tamaño de muestra y diseño de muestreo.	29

7.5	DEFINICIÓN DE VARIABLES	29
7.6	PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	31
7.6.1	Análisis de la vía aérea superior.	31
7.6.2	Protocolo de medición	32
5.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
5.7	CONSIDERACIONES ÉTICAS	36
7.7	ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LOS	
	PARTICIPANTES:	36
8.	RESULTADOS.....	37
8.1	RESULTADOS RELACIONADOS CON LA VÍA AÉREA.....	37
8.2	PERMEABILIDAD NASAL (TEST DE GLATZEL).....	38
8.3	MEDIDAS CRANEOMÉTRICAS	40
9.	DISCUSIÓN	42
10.	RECOMENDACIONES	44
11.	CONCLUSIONES.....	45
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Balance metodológico: potencial diagnóstico vs. limitaciones técnicas en la evaluación integrada de vías aéreas superiores.....	8
Tabla 2. Escala de colapso nasal funcional	24
Tabla 3. Clasificación del Grado de Hipertrofia Amigdalar adaptada de de Kim y Guilleminault (2011)(42).....	25
Tabla 4. Interpretación Clínica Prueba de Rosenthal	26
Tabla 5. Cuadro operacional de las variables	29
Tabla 6. Variables clínicas y anatómicas estratificadas por género en pacientes pediátricos sometidos a ortopedia maxilar	38
Tabla 7. Medidas descriptivas de la vía aérea superior según segmento y sexo antes y después de tratamiento	39
Tabla 8. Resultados del test de Glatzel en permeabilidad nasal: comparación por sexo y tiempo postratamiento	39
Tabla 9. Impacto del tratamiento ortopédico en dimensiones craneofaciales: evaluación longitudinal (T1/T2) según sexo	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Impacto diferencial de la hipertrofia adenoidea (A) y amigdalina (B) en la vía aérea superior y su correlación con maloclusiones clase II y III, respectivamente.	19
Figura 2: Puntos anatómicos en radiografía lateral de cráneo	32
Figura 3: Protocolo adaptado y estandarizado de medidas craneométricas para el análisis de la vía aérea superior.	32

GLOSARIO

A. Términos relacionados con la función respiratoria:

1. **Permeabilidad nasal:** Capacidad de las fosas nasales para permitir el paso del aire, determinada por el tamaño de los cornetes y el estado de la mucosa.
2. **Respiración nasal:** Proceso fisiológico en el que el aire inspirado es filtrado, humidificado y calentado al pasar por las fosas nasales antes de llegar a los pulmones.
3. **Obstrucción nasal:** Dificultad para respirar por la nariz debido al bloqueo parcial o total de los pasajes nasales (por hipertrofia adenoamigdalina, desviación septal, alergias, etc.).
4. **Flujo aéreo:** Cantidad de aire que circula por las vías respiratorias. El flujo espiratorio máximo (PEF) mide la capacidad de exhalación forzada y se usa en el monitoreo de enfermedades como el asma.

B. Términos Odontológicos y Craneofaciales:

5. **Maloclusión:** Alineación anormal de los dientes que afecta la forma en que las arcadas superior e inferior encajan.
6. **Ortopedia maxilar:** Rama de la odontología que corrige alteraciones esqueléticas y dentales en pacientes en crecimiento mediante aparatos funcionales.
7. **Maloclusión dentomaxilar:** Alteración que afecta la relación armónica entre dientes, maxilares y estructuras óseas, comprometiendo función y estética.

C. Tipos de Maloclusiones

8. **Mordida profunda (sobremordida):** Los dientes superiores cubren excesivamente a los inferiores en sentido vertical (>3 mm).

9. **Mordida cruzada:** Arcada superior más estrecha que la inferior, haciendo que los dientes superiores ocluyan por dentro de los inferiores.
10. **Mordida abierta:** Falta de contacto entre dientes anteriores o posteriores al cerrar la boca, dejando un espacio vertical.
11. **Overjet (resalte dental):** Distancia horizontal excesiva ($>2-4$ mm) entre los incisivos superiores e inferiores.
12. **Overbite (sobremordida vertical):** Superposición vertical de los incisivos superiores sobre los inferiores (normal: $2-4$ mm).

D. Términos Funcionales y Musculares:

13. **Incompetencia labial:** Incapacidad de los labios para sellarse en reposo, asociada a hipotonía muscular y respiración oral.
14. **Hipertonicidad labial:** Exceso de fuerza muscular en el labio inferior, que puede contribuir a protrusión de incisivos superiores.
15. **Competencia labial:** Sellado labial adecuado en reposo, esencial para funciones como deglución, fonación y equilibrio muscular orofacial.

E. Términos de Desarrollo y Posición:

16. **Maduración cervical:** Estadios de crecimiento de las vértebras cervicales (C2–C6) usados para evaluar el potencial de crecimiento en ortodoncia.
17. **Retrusión mandibular:** Posición anormalmente retraída de la mandíbula respecto al maxilar, común en maloclusiones Clase II.
18. **Protrusión de incisivos:** Desplazamiento hacia adelante de los dientes anteriores, causado por hábitos (succión digital) o factores esqueléticos.
19. **Retrusión de incisivos:** Desplazamiento hacia atrás de los dientes anteriores, causado por hábitos (succión digital) o factores esqueléticos

1. INTRODUCCIÓN

La relación entre la anatomía craneofacial y las vías respiratorias superiores es fundamental en el estudio de las anomalías dentofaciales. La Teoría de la Matriz Funcional de Moss (1960) sostiene que el crecimiento craneofacial está influenciado por las demandas funcionales de las estructuras circundantes, como la respiración y la masticación, donde el esqueleto actúa como un elemento pasivo moldeado por estos estímulos. Alteraciones en la permeabilidad de las vías aéreas, como la obstrucción nasal crónica, pueden condicionar el desarrollo maxilomandibular, agravando maloclusiones y generando patrones de crecimiento aberrantes, como el estrechamiento del maxilar y la posición baja de la lengua en respiradores orales. Esta interacción subraya la necesidad de integrar la evaluación funcional respiratoria en el diagnóstico y tratamiento ortopédico-ortodóncico (1, 2).

Las maloclusiones verticales, especialmente en pacientes hiperdivergentes, están estrechamente relacionadas con una reducción del espacio faríngeo. Estudios cefalométricos demuestran que esta disminución se debe a una tríada biomecánica: rotación posterior mandibular en sentido horario, descenso de la posición lingual y colapso de las paredes faríngeas laterales, lo que reduce significativamente el área transversal de la vía aérea orofaríngea (3). Además, la respiración oral crónica, como mecanismo compensatorio, altera la postura craneocervical, generando una mayor extensión de la cabeza para mantener la permeabilidad de la vía aérea. Estos cambios funcionales contribuyen al desarrollo de maloclusiones esqueléticas, como las de Clase II, y deformidades dentofaciales características, como la facies adenoidea y la incompetencia labial (4).

Dada la influencia de la función respiratoria en el desarrollo craneofacial, resulta esencial evaluar los cambios en la permeabilidad y dimensiones de las vías aéreas posteriores al tratamiento de ortopedia funcional. Aunque existe evidencia sobre la relación entre obstrucción respiratoria y maloclusiones, persisten vacíos en la comprensión de cómo los tratamientos ortopédicos modifican estas estructuras. Este estudio busca analizar dichas variaciones, aportando datos que permitan

optimizar los abordajes terapéuticos, equilibrando la corrección oclusal con la estabilidad funcional respiratoria (5).

Este estudio no solo busca generar evidencia científica sobre los cambios anatómicos y funcionales en las vías aéreas, sino que también promueve un modelo de atención interdisciplinario que integra los campos de ortopedia maxilar, ortodoncia, otorrinolaringología y fonoaudiología. Esta sinergia profesional permite abordar integralmente la compleja relación entre las alteraciones respiratorias y las maloclusiones, facilitando el desarrollo de protocolos terapéuticos personalizados que consideren tanto los aspectos estructurales como funcionales. Los resultados obtenidos podrían traducirse en mejoras significativas en los planes de tratamiento y, consecuentemente, en la calidad de vida de los pacientes atendidos en las clínicas odontológicas de la Universidad UNICOC, donde se evidencia la necesidad de abordajes integrales para estos casos clínicos complejos.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La permeabilidad de la vía aérea superior (VAS) compuesta por la nasofaringe, orofaringe e hipofaringe es fundamental para el desarrollo craneofacial y la salud sistémica en niños. La respiración nasal promueve un crecimiento facial armónico al mantener presiones intraorales equilibradas y una posición lingual adecuada. Sin embargo, cuando existe obstrucción de las VAS (por hipertrofia adenoamigdalina, malformaciones anatómicas o hábitos disfuncionales), se desencadena un patrón de respiración oral crónica, el cual altera la función muscular, la postura craneocervical y el desarrollo maxilomandibular, favoreciendo maloclusiones como la Clase II esquelética y el paladar ojival (6).

La ortopedia maxilar como la expansión rápida maxilar, dispositivos de avance mandibular busca corregir estas anomalías esqueléticas, pero su impacto real en las dimensiones de las VAS y la permeabilidad respiratoria sigue siendo controversial. Aunque estudios previos han demostrado que la expansión maxilar aumenta el volumen nasofaríngeo, persisten interrogantes ¿Estos cambios anatómicos se traducen en una mejoría funcional (flujo aéreo, reducción de ronquidos, oxigenación nocturna) (7-9).

¿Cómo influyen en la hipofaringe, región crítica en el 30% de los casos de Apnea Obstructiva de sueño OSA en pacientes pediátricos? ¿La terapia miofuncional coadyuvante potencia la estabilidad de los resultados? A pesar de los avances, la literatura presenta limitaciones clave como enfoque poblacional sesgado: La mayoría de estudios evalúan adolescentes o adultos jóvenes, omitiendo a niños en crecimiento activo, donde la plasticidad tisular podría generar respuestas diferentes (10).

Métodos de evaluación limitados: El CBCT (tomografía cone beam), aunque preciso en 3D, implica mayor radiación, con riesgos potenciales en el desarrollo hormonal infantil. Su uso debería reservarse para pacientes con Apnea Obstructiva de sueño OSA severa.

Las radiografías laterales de cráneo (RLC), pese a ser 2D, son accesibles, seguras y útiles para diagnóstico primario, permitiendo mediciones repetidas con baja dosis de radiación ($\sim 2\text{--}5\ \mu\text{Sv}$ vs. $50\text{--}200\ \mu\text{Sv}$ del CBCT)(11, 12).

Falta de correlación anatómico-funcional: Pocos estudios vinculan los cambios dimensionales de la vía aérea superior en cuanto al aumento del espacio retroglosal con parámetros clínicos como el índice de apnea-hipopnea (IAH) o la saturación de oxígeno nocturna (13).

Este estudio busca responder:

1. ¿Los aparatos de ortopedia maxilar producen cambios dimensionales significativos en las VAS de niños (7–13 años), evaluados mediante RLC y prueba de permeabilidad de Glatzel?
2. ¿Existe una correlación clínica entre dichos cambios y la mejoría en permeabilidad respiratoria (medida con pruebas de flujo aéreo nasal o escalas de síntomas)?
3. ¿Por qué las RLC son un método viable y seguro para el monitoreo inicial en niños, comparado con CBCT, considerando el balance entre precisión y riesgo radiológico?

Este trabajo prioriza la seguridad pediátrica al emplear radiografías laterales cefálicas (RLC) en lugar de tomografías de haz cónico (CBCT) para evaluaciones rutinarias, minimizando así la exposición a radiación ionizante sin comprometer la obtención de datos clínicamente relevantes. Además, aborda una brecha crítica en la literatura al enfocarse en población infantil un grupo subestudiado donde la intervención temprana podría mitigar complicaciones progresivas: desde manifestaciones iniciales como cansancio diurno, infecciones respiratorias recurrentes y bajo rendimiento académico o deportivo, hasta el desarrollo de Apnea Obstruktiva de sueño OSA Finalmente, integra teoría y práctica al validar la Teoría de la Matriz Funcional de Moss, analizando no solo la corrección esquelética, sino también su impacto en la restauración de la función respiratoria y el equilibrio muscular orofacial.

Tabla 1. Balance metodológico: potencial diagnóstico vs. limitaciones técnicas en la evaluación integrada de vías aéreas superiores.

<i>Alcances</i>	<i>Limitaciones</i>
• Proporcionar evidencia sobre la eficacia diferencial de aparatos ortopédicos en niños. • Validar el uso combinado de RLC + Glatzel para diagnóstico integral. • Contribuir a la Teoría de Moss al vincular cambios esqueléticos con función respiratoria.	• Las RLC no capturan cambios transversales (3D). • El Glatzel puede verse afectado por factores ambientales (controlados mediante protocolo). • Exclusión de pacientes con Apnea Obstructiva de sueño OSA severa o síndromes craneofaciales para homogenizar la muestra.

Este proyecto trasciende el enfoque tradicional en la corrección de maloclusiones, proponiendo un modelo integral donde la ortopedia maxilar no solo alinea estructuras óseas, sino que optimiza la función respiratoria en niños. Al demostrar que cambios medibles en la vía aérea superior mediante radiografía lateral de cráneo se asocian a mejoras clínicas, se justifica su uso rutinario en consulta, reduciendo la dependencia de métodos con mayor radiación. Los resultados podrían redefinir estándares de tratamiento, posicionando a la ortopedia como una herramienta clave en la prevención Apnea Obstructiva de sueño OSA y sus secuelas sistémicas. Además de los cambios anatómicos en las vías aéreas superiores (VAS), es crucial evaluar la permeabilidad respiratoria funcional, ya que no todos los aumentos dimensionales se traducen en mejoras clínicas. En este estudio, se empleó el espejo de Glatzel, una herramienta validada para medir el flujo aéreo nasal de manera no invasiva y reproducible (14, 15).

Este enfoque metodológico es reproducible y permite evaluar la correlación anatómico-funcional entre los cambios en las dimensiones nasofaríngeas/orofaríngeas (medidas mediante radiografía lateral de cráneo) y la mejoría objetiva en el flujo aéreo nasal. Además, integra de manera complementaria técnicas

imagenológicas: las RLC proporcionan datos estructurales estáticos, mientras que el espejo de Glatzel cuantifica parámetros funcionales dinámicos de la respiración nasal. Esta sinergia metodológica es fundamental para comprender integralmente el efecto del tratamiento ortopédico sobre la función respiratoria.

El estudio presenta ciertas limitaciones inherentes a factores como la temperatura ambiental y el grado de cooperación del paciente pediátrico, los cuales podrían influir en los resultados. Para minimizar estas variables, se implementó un protocolo estandarizado que incluye: la realización de todas las mediciones en el mismo ambiente clínico controlado, y la obtención de tres mediciones consecutivas para garantizar la consistencia de los datos. Si bien esta metodología no posee la precisión de pruebas avanzadas como la rinomanometría, su accesibilidad, bajo costo y menor invasividad la convierten en una herramienta ideal para estudios de screening en población pediátrica, particularmente en entornos con recursos limitados (16).

Este estudio surge como respuesta a la necesidad clínica de comprender integralmente cómo los tratamientos ortopédicos maxilares modifican no solo la estructura sino también la función respiratoria en población pediátrica. Al combinar por primera vez en este grupo etario la evaluación cefalométrica estandarizada con la prueba funcional del espejo de Glatzel, se busca superar las limitaciones de estudios previos que analizaban estos aspectos de forma aislada.

La investigación se justifica por su enfoque innovador que integra Seguridad pediátrica (priorizando métodos de baja radiación), Validez ecológica (mediante pruebas accesibles para la práctica clínica habitual), y Rigor científico (con protocolos estandarizados y análisis comparativo entre tipos de aparatología).

Los resultados obtenidos podrían transformar los paradigmas actuales al demostrar que la ortopedia maxilar no debe evaluarse solo por sus resultados esqueléticos, sino también por su capacidad para mejorar la salud respiratoria global en niños. Esto sentaría las bases para protocolos interdisciplinarios más efectivos que optimicen tanto el desarrollo craneofacial como la calidad de vida de los pacientes pediátricos con obstrucción de vías aéreas (17).

Finalmente, este trabajo aspira a cerrar la brecha entre investigación y práctica clínica, proporcionando evidencia sólida pero aplicable para la toma de decisiones terapéuticas en contextos reales, donde el equilibrio entre eficacia, seguridad y accesibilidad resulta fundamental.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente estudio se justifica al abordar una problemática clínica de relevancia creciente en ortopedia maxilar y ortodoncia: la relación bidireccional entre el desarrollo craneofacial y la función respiratoria. Esta investigación se sustenta en principios teóricos que postulan la influencia de las funciones vitales, como la respiración, sobre el crecimiento óseo maxilofacial. Los hallazgos esperados aportarán evidencia empírica sobre cómo las intervenciones ortopédicas, como la expansión rápida de paladar, el avance mandibular o la corrección de arcos nasomaxilares, modifican significativamente las dimensiones de la vía aérea superior, mejorando así la permeabilidad respiratoria.

La expansión rápida de paladar emerge como una intervención clave, dado su potencial para aumentar el volumen nasal, corregir desviaciones del septo y reducir la resistencia al flujo aéreo. Estos efectos no solo optimizan la función respiratoria, sino que también previenen complicaciones asociadas a la constricción maxilar, como la respiración bucal crónica o trastornos obstructivos del sueño en etapas tempranas.

Esta investigación surge para responder a limitaciones críticas identificadas en la literatura actual. En primer lugar, existe una brecha poblacional, ya que la mayoría de los estudios se centran en adolescentes y adultos jóvenes, dejando escasa evidencia sobre los efectos de la ortopedia maxilar en niños de 7 a 13 años, etapa crucial por su alta plasticidad tisular y potencial terapéutico. En segundo lugar, persiste un déficit metodológico, pues muchos trabajos analizan parámetros estructurales o funcionales de forma aislada, sin integrar protocolos que correlacionen anatomía y función. Finalmente, se observa un sobrediagnóstico por imagen, con uso creciente de tecnologías avanzadas como la tomografía computarizada de haz cónico en población pediátrica, a pesar de sus riesgos radiológicos y sin evidencia clara de superioridad diagnóstica frente a métodos convencionales para evaluaciones iniciales.

Para superar estas limitaciones, el estudio implementa un enfoque diagnóstico dual que combina evaluación estructural mediante análisis cefalométrico en

telerradiografías laterales, cuantificando cambios en espacios nasofaríngeos y orofaríngeos, con valoración funcional a través de pruebas estandarizadas de flujo aéreo nasal. Este diseño ofrece ventajas significativas en seguridad pediátrica al reducir la exposición a radiación ionizante, garantiza validez ecológica al emplear técnicas accesibles para la práctica clínica habitual y mantiene rigor científico mediante protocolos estandarizados y análisis comparativos entre modalidades terapéuticas.

El proyecto trasciende el ámbito académico al abordar problemáticas de salud pública. La alta prevalencia de trastornos respiratorios en población pediátrica, como Apnea Obstructiva de sueño OSA o la respiración bucal, y su asociación con alteraciones del desarrollo craneofacial, comorbilidades sistémicas e impacto psicosocial, justifican la necesidad de intervenciones tempranas. Además, al validar métodos costo-efectivos, el estudio facilita el diagnóstico accesible en contextos con recursos limitados, donde tecnologías avanzadas no están disponibles.

Las implicaciones clínicas de esta investigación son multifacéticas. Por un lado, permitirá establecer criterios objetivos para la selección de aparatología ortopédica según su efectividad en cada caso clínico. Por otro, identificará parámetros pronósticos, como marcadores cefalométricos específicos, que orienten la toma de decisiones terapéuticas. Finalmente, contribuirá al desarrollo de protocolos de seguimiento seguros y eficientes, minimizando riesgos radiológicos en controles seriados.

Desde una perspectiva interdisciplinaria, el estudio promueve un modelo de atención colaborativo que integra a ortodoncistas, ortopedistas maxilares, otorrinolaringólogos, neumólogos pediatras y terapeutas miofuncionales. Este enfoque es esencial para manejar la complejidad del síndrome del respirador bucal, donde coexisten alteraciones anatómicas, funcionales y posturales.

En síntesis, esta investigación no solo validará el impacto de la ortopedia maxilar temprana en la vía aérea y la función respiratoria, sino que establecerá un marco metodológico seguro, accesible y reproducible para su evaluación. Los resultados esperados tendrán aplicaciones directas en la práctica clínica, mejorando la

prevención, el diagnóstico y el tratamiento de trastornos respiratorios asociados a alteraciones craneofaciales en población pediátrica.

4. MARCO TEÓRICO

El aparato estomatognático constituye un sistema integrado donde las estructuras craneofaciales y las vías aéreas superiores (VAS) mantienen una relación dinámica de interdependencia anatómica y funcional. Esta interacción es particularmente crítica durante el crecimiento pediátrico, donde alteraciones en el desarrollo maxilomandibular pueden comprometer la permeabilidad respiratoria (21). La ortopedia funcional de los maxilares emerge así no solo como un tratamiento correctivo de maloclusiones, sino como una intervención capaz de modificar las dimensiones de las VAS y optimizar su función.

4.1 Bases anatómicas y fisiológicas del sistema respiratorio

El tracto respiratorio humano se organiza en dos segmentos principales con funciones diferenciadas:

4.1.1 Vía aérea superior (VAS)

- Componentes: fosas nasales, cavidad oral y faringe
- Función principal: filtrado, calentamiento y humidificación del aire inspirado

4.1.2 Vía aérea inferior (VAI)

- Componentes: laringe, tráquea y árbol bronquial.
- Función principal: conducción del aire hasta los alvéolos para la hematosis

Fisiología respiratoria básica el proceso de intercambio gaseoso (hematosis) se inicia con el acondicionamiento del aire en la VAS, donde ocurren tres procesos fundamentales:

1. Filtración de partículas
2. Calentamiento a temperatura corporal
3. Humidificación hasta el 95% de saturación

4.1.3 Anatomía Funcional de la Vía Aérea Superior

A. Fosas Nasales: Desde el punto de vista funcional, la respiración comienza en los orificios nasales. Las fosas nasales se continúan hacia atrás con la nasofaringe. Además de su rol respiratorio, participan en funciones esenciales como el olfato y la fonación.

Anatómicamente, la nariz se divide en dos partes:

- La **parte frontal de las fosas nasales**, desde los orificios exteriores hasta los cornetes, incluye estructuras como las vibrisas, que filtran partículas grandes.
- La **vía nasal principal**, donde el aire circula entre los cornetes, los cuales son estructuras óseas recubiertas de mucosa que aumentan el área de contacto con el aire, facilitando su acondicionamiento.

Los **senos paranasales** (maxilares, frontales, etmoidales y esfenoidales) se comunican con las fosas nasales y cumplen funciones resonadoras y de humidificación.

Alteraciones como la desviación del tabique nasal, hipertrofia de cornetes o estrechamiento de cavidades están relacionadas con el desarrollo de patrones respiratorios orales y con trastornos como Apnea Obstructiva de sueño OSA. Estas alteraciones pueden influir en el crecimiento cráneo-facial y en la oclusión dental, generando un círculo vicioso entre función y forma, el cual puede ser modulado mediante tratamiento ortopédico.

B. Faringe: La faringe, compartida por los sistemas digestivo y respiratorio, se divide en tres regiones:

- **Nasofaringe (epifaringe):** situada por detrás de la cavidad nasal y extendida desde la base del cráneo hasta el paladar blando. Alberga los adenoides, cuya inflamación puede comprometer significativamente la permeabilidad nasal.
- **Orofaringe (mesofaringe):** conecta con la cavidad oral y tiene una participación importante en la respiración bucal cuando existe obstrucción nasal.

- **Laringofaringe (hipofaringe):** conecta con la laringe y el esófago, siendo la vía final común antes del pasaje del aire hacia la vía aérea inferior (22).

4.2 LA RESPIRACIÓN Y EL DESARROLLO CRANEOFACIAL

Desde que Moss propuso su teoría de la Matriz Funcional, numerosos autores han profundizado en la relación entre forma y función, con posturas tanto a favor como en contra. Sin embargo, la evidencia clínica respalda en gran medida los planteamientos de Moss, ya que tanto la etiopatogenia como la recidiva de las maloclusiones parecen confirmarlos. Dentro del desarrollo de la matriz funcional, intervienen diversos elementos: los huesos (a través del crecimiento), los dientes (por su proceso de erupción), la musculatura (según su patrón funcional) y los sistemas de irrigación e inervación. A estos factores biológicos se suman las funciones básicas como la respiración, la deglución y la masticación. La alteración de cualquiera de estos componentes puede impactar negativamente en el desarrollo armónico de la matriz funcional y favorecer la aparición de maloclusiones (23).

La respiración, función vital por excelencia, se realiza fisiológicamente a través de la nariz y consta de dos fases: inhalación y exhalación. Es un reflejo automático regulado por el sistema nervioso y cumple funciones esenciales, como la captación de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono, lo cual permite mantener el equilibrio funcional del organismo. Cuando este patrón se altera, no sólo se ve afectado el desarrollo general del cuerpo, sino también el crecimiento facial (24)

El desarrollo armónico del maxilar depende en gran parte de una respiración nasal eficiente, con los labios cerrados. Este patrón favorece una presión muscular equilibrada sobre los maxilares, estimula la remodelación ósea necesaria para el descenso del paladar y promueve un crecimiento transversal adecuado gracias al contacto de la lengua con el paladar y los dientes. Cualquier alteración en este sistema como la respiración oral, la incompetencia labial o una postura lingual inadecuada puede provocar desequilibrios funcionales que repercuten directamente en el desarrollo de los maxilares y del sistema respiratorio en general(25)(26).

4.2.1 El Síndrome del Respirador Bucal: repercusiones funcionales y estructurales

El Síndrome del Respirador Bucal (SRB), derivado de la sustitución crónica de la respiración nasal por la oral, altera tanto la fisiología respiratoria como el desarrollo craneofacial. Se caracteriza por signos como hiper cromía periorbitaria (por congestión venosa), hipodesarrollo del tercio medio facial (perfil aplanado) y maloclusiones (paladar profundo, retrognatía, mordida abierta). La obstrucción crónica de las vías aéreas superiores asociada frecuentemente a hipertrofia adenoamigdalina induce incompetencia labial, hipotonía lingual y colapso faríngeo, exacerbado por hábitos disfuncionales (succión digital, onicofagia)(27)(28).

Durante la infancia, la hipertrofia adenoidea persistente (con picos de crecimiento a los 4-5 y 9-10 años) puede generar complicaciones estructurales como elongación del paladar blando, macroglosia y estenosis laríngea, dificultando la permeabilidad nasal. Esta condición también se vincula con secuelas sistémicas: otitis media secretora, trastornos del sueño (SAOS), déficits cognitivos (memoria, aprendizaje) y bajo rendimiento académico, impactando la autoestima infantil(29).

La hipertrofia de adenoides y amígdalas en los niños, el crecimiento excesivo de las adenoides y amígdalas es la principal causa de respiración por la boca, llegando a representar hasta el 68% de los casos en pequeños con obstrucción crónica de las vías respiratorias superiores(VAS)(30)

- **Adenoides:** Son tejidos linfoides ubicados en la parte posterior de la nariz (nasofaringe), como un "filtro" inmunológico.
- **Amígdalas palatinas:** Esas masas redondeadas que vemos a ambos lados de la garganta, entre los pilares que sostienen el paladar.

Ambas forman parte del anillo de Waldeyer, una especie de "escudo" defensivo que protege al cuerpo de infecciones.

El desarrollo de los tejidos linfoides faríngeos sigue un patrón evolutivo característico. Las adenoides, localizadas en la nasofaringe superior, experimentan su máximo crecimiento entre los 2 y 6 años de edad, manteniendo su tamaño

predominante hasta los 5-7 años, para luego iniciar un proceso gradual de involución(25). Paralelamente, las amígdalas presentan su mayor desarrollo entre los 2 y 5 años, con una posterior atrofia fisiológica que se completa hacia los 14-15 años de edad esta regresión natural de ambos tejidos forma parte del proceso normal de maduración del sistema inmunológico en la infancia.

En algunos niños, este tejido no disminuye como debería, lo que puede causar:

1. Reducción del área seccional faríngea ($\leq 4 \text{ mm}^2$ en casos graves)
2. Obstrucción mecánica del flujo aéreo nasal
3. Adaptación compensatoria hacia la respiración oral

Esta situación crea un círculo vicioso: la obstrucción lleva a la respiración oral, lo que a su vez mantiene la inflamación y el crecimiento del tejido. Con el tiempo, puede afectar incluso el desarrollo facial del niño (26).

La localización de la obstrucción en la vía aérea superior determina patrones específicos de alteración dentofacial. En el caso (A), la hipertrofia adenoidea, al ocupar el espacio nasofaríngeo, se asocia clínicamente con una respiración bucal que favorece la rotación posterior de la mandíbula (sentido horario), un aumento del resalte y el desarrollo de maloclusiones clase II.

Por el contrario, en la zona (B), la hipertrofia amigdalina, al obstruir la orofaringe inferior, puede generar una adaptación postural anteriorizada de la mandíbula, protrusión mandibular y tendencia a mordida cruzada anterior, características de la clase III. Esta diferenciación anatómico-funcional, ilustrada en la imagen, respalda la necesidad de abordajes diagnósticos y terapéuticos personalizados según el tipo de obstrucción (adenoidea vs. amigdalina), ya que las intervenciones de ortopedia dentofacial (como la expansión maxilar o los dispositivos de avance mandibular) deberán modular de forma selectiva el crecimiento para compensar estos patrones opuestos (29) (Figura 1)

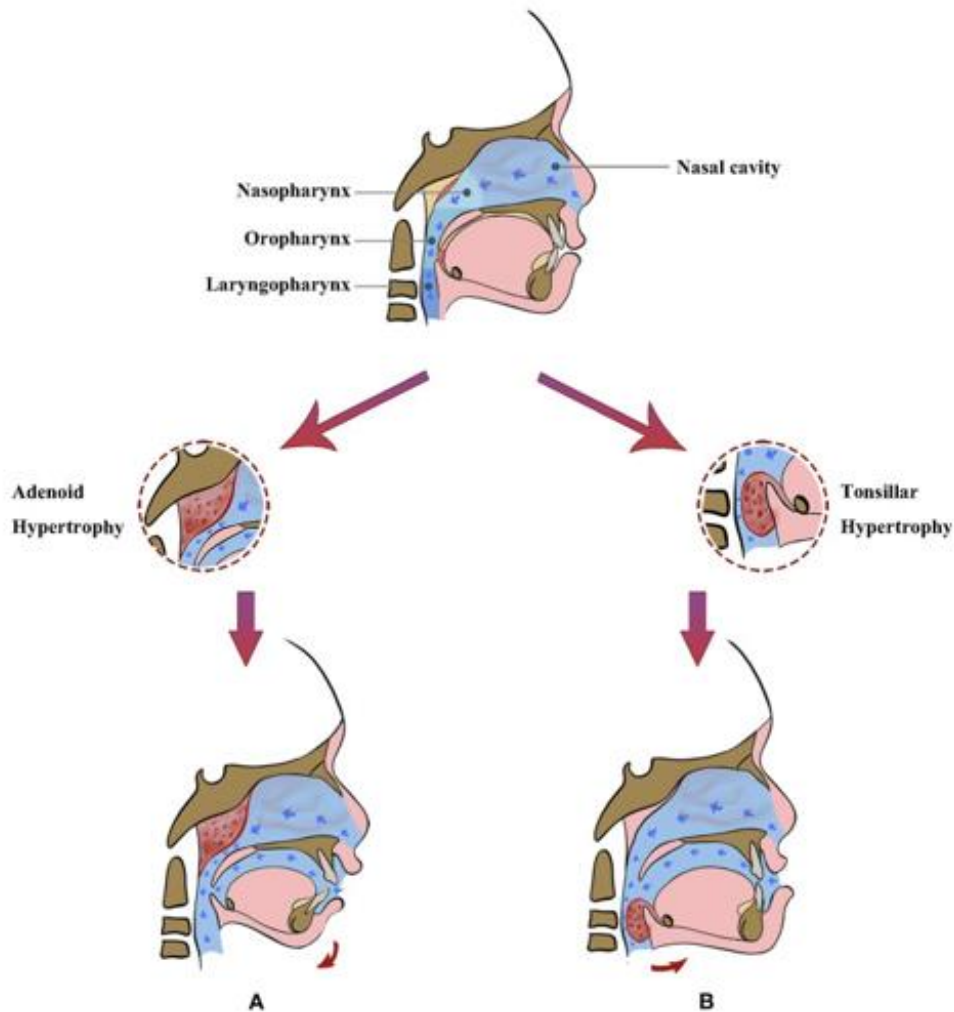


Figura 1. Impacto diferencial de la hipertrofia adenoidea (A) y amigdalina (B) en la vía aérea superior y su correlación con maloclusiones clase II y III, respectivamente.

4.3 EVALUACIÓN DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS

Es de vital importancia evaluar la vía aérea debido a la estrecha relación entre la función respiratoria adecuada y el desarrollo normal de las estructuras craneofaciales. Para ello, se debe realizar un examen clínico minucioso que incluya:

4.3.1 Evaluación de las características faciales:

- Identificar la presencia de una *facie adenoidea*.

- Observar labios (resecos, entreabiertos), mucosa bucal, paladar (duro y blando, profundo), amígdalas, dientes (malposición) y encías (inflamadas).

4.3.2 Análisis postural:

- Valorar la postura general del paciente, detectar asimetrías y registrar la posición de la cabeza y la frecuencia respiratoria (31)

Alteraciones posturales asociadas

- **Desplazamiento anterior de la postura cervical:** También llamado "*cabeza adelantada*" o *protrusión cefálica*, genera una curvatura excesiva hacia adelante en la región cervical.
- **Acentuación de la lordosis cervical:** Hiperlordosis cervical que incrementa la tensión en músculos del cuello y hombros.
- **Elevación de hombros:** Posición elevada por tensión muscular derivada de la respiración bucal y la postura cefálica anterior.
- **Aumento de la curvatura dorsal:** Acentuación en la región torácica superior debido a la cabeza adelantada y hombros elevados.

Estas alteraciones vertebrales varían en severidad según el individuo y surgen de la interacción de factores como hábitos orales, postura, fuerza muscular y mecánica corporal (32).

4.3.3 Radiografía lateral de cráneo (Telerradiografía)

La Telerradiografía Lateral es un examen habitual en la especialidad de Ortodoncia, y por cierto es sencillo, de bajo costo y emite menor radiación que una Tomografía.

El área de mayor interés anatómico que aparece en la telerradiografía lateral para el diagnóstico del patrón respiratorio está constituida por las siguientes estructuras

- La región adenoidea.
- El espacio aéreo libre en la nasofaringe.
- El espacio aéreo libre en la bucofaringe.

- Paladar blando.
- La parte posterior de la lengua.
- La pared posterior de la faringe

Es una herramienta de bajo costo, fácil acceso y baja radiación. Permite:

- Evaluar el tejido adenoideo (tamaño, forma, localización).
- Medir la posición del hioides, paladar blando y dimensiones faríngeas.
- Identificar posibles obstrucciones(33)

Según McNamara (1984): La dimensión superior de la faringe es la distancia entre el paladar blando y la pared posterior faríngea: Niñas: 9.3 ± 2.6 mm Niños: 9.4 ± 2.6 mm la dimensión inferior es desde el contorno posterior de la lengua hasta la pared faríngea: Niñas: 11.7 ± 2.6 mm Niños: 11.3 ± 2.6 mm(34).

4.3.4 Tomografía computarizada (TC), Resonancia Magnética (RM) y Cone Beam CT (CBCT)

La evaluación integral de la vía aérea en pacientes con alteraciones respiratorias y dentofaciales requiere el uso combinado de técnicas diagnósticas estructurales y funcionales. Estudios recientes demuestran que la rinomanometría permite cuantificar objetivamente la reducción de resistencia nasal tras tratamientos de ortopedia maxilar mientras que el CBCT evidencia los cambios volumétricos en la vía aérea superior, mostrando aumentos del 32% en espacio nasofaríngeo post-expansión(35) Sin embargo, la polisomnografía sigue siendo el gold standard para correlacionar estas mejorías anatómicas con parámetros clínicos como el índice de apnea-hipopnea, demostrando reducciones del 40% en pacientes pediátricos. Esta sinergia diagnóstica resulta fundamental para comprender el impacto real de las intervenciones ortopédicas en la función respiratoria (36)

4.3.5 Métodos Funcionales y Clínicos

Prueba de Glatzel

prueba utilizada para medir el grado de permeabilidad nasal y la simetría funcional de vías respiratoria altas tanto en reposo como en función. Específicamente en la evaluación funcional su utilidad se vincula con la verificación de la existencia de

nasalidad o hiponasalidad. El espejo cuenta con medidas milimétricas que permite el análisis (37); Al momento de la evaluación el paciente debe estar sentado y la cabeza en posición ortostática (38). La placa de metal se debe colocar en posición horizontal debajo de las fosas nasales, colocando el punto cero del espejo debajo de la columella; El paciente debe respirar lentamente por ambas fosas nasales, sin esfuerzo inspiratorio ni espiratorio (39).

En el contexto de la evaluación pediátrica de las vías aéreas superiores, este estudio prioriza las radiografías laterales de cráneo (RLC) y la prueba de Glatzel como ejes metodológicos fundamentales, justificando su selección frente a técnicas avanzadas como el CBCT. Las RLC, al ofrecer una evaluación bidimensional accesible y segura ($\sim 2\text{--}5\ \mu\text{Sv}$ de radiación frente a $50\text{--}200\ \mu\text{Sv}$ del CBCT), permiten analizar cambios dimensionales clave (diámetros naso/orofaríngeos) sin exponer a los niños a riesgos radiológicos innecesarios. Complementariamente, el Glatzel mediante la cuantificación del flujo aéreo nasal a través del empañamiento de un espejo aporta datos funcionales dinámicos, correlacionando la anatomía observada en RLC con mejorías clínicas tangibles ejemplo la reducción de ronquidos, optimización de la saturación de oxígeno. Esta sinergia estructura-función no solo evita la sobreutilización de tecnología costosa o invasiva como lo es la CBCT, rinomanometría, sino que establece un protocolo replicable en entornos con recursos limitados, priorizando la seguridad pediátrica y la eficiencia diagnóstica. Así, el binomio RLC-Glatzel emerge como un enfoque holístico, capaz de cerrar la brecha entre evidencia anatómica y relevancia clínica en la población infantil (40).

Rinomanometría

Este examen permite objetivar la obstrucción nasal. Existen distintos tipos de rinomanometría (RMM), siendo la RMM anterior activa (RMMAA) la más frecuentemente utilizada. Esta evalúa el flujo nasal durante la inspiración y la espiración detectando posibles obstrucciones y/o resistencias. Se puede realizar usando una mascarilla facial o bien colocando una oliva en cada narina; el primer dispositivo tiene la ventaja de no deformar las narinas, reduciendo la posibilidad de fuga aérea. Sin embargo, tiene el inconveniente de requerir una importante

colaboración del paciente y de no poder realizarse si existe una oclusión total de una fosa nasal o una perforación septal.

Luego de colocada la mascarilla, los flujos de aire se miden con el rinomanómetro y los datos se analizan computacionalmente para posteriormente graficarlos en curvas de presión/volumen. Después de una primera medición en estado basal, el registro se repite bajo el efecto de un vasoconstrictor tópico, lo que permitirá diferenciar entre obstrucciones mecánicas (las que no varían con el vasoconstrictor), vasomotoras (las que mejoran por completo con el vasoconstrictor) y mixtas A (la que mejoran parcialmente con el vasoconstrictor).

En general, cualquier causa de obstrucción con componentes óseos, cartilaginosos o de tejidos con poco edema o no “vasocontraíbles” mostrará curvas mecánicas, así como etiologías inflamatorias, con edema y tejido susceptible de vasoconstricción nos darán curvas vasomotoras. La patología más representativa de la obstrucción mecánica es la desviación del tabique nasal, así como la más representativa de la obstrucción vasomotora es a hipertrofia de los cornetes inferiores(38).

Evalúa la resistencia nasal al flujo aéreo, principalmente mediante Rinomanometría Anterior Activa (RMMAA). Permite distinguir entre obstrucciones:

- **Mecánicas:** como desviación septal.
- **Vasomotoras:** como hipertrofia de cornetes.
- **Mixtas A:** combinación parcial.

Rinometría acústica

Rinometría acústica Consiste en el estudio de la geometría de la cavidad nasal. Se basa en el análisis de la reflexión del sonido y proporciona un cálculo de áreas de sección transversal de la fosa nasal y de determinados volúmenes nasales. Consiste en aplicar un sonido audible en la ventana nasal mediante un adaptador, con el cuidado de no deformar el vestíbulo nasal. La onda sonora penetra en las fosas y se refleja en las distintas estructuras nasales o en las irregularidades presentes. Mide secciones transversales y volúmenes nasales mediante análisis de ondas sonoras reflejadas. Se enfoca en:

- MCA1: a nivel de la válvula nasal.
- MCA2: a nivel del cornete inferior (41).

Evaluación Funcional de las Narinas (Duran V.)

Esta prueba clínica valora la dinámica nasal mediante la observación del comportamiento de las narinas durante una inspiración intensa, clasificando el grado de colapso según su respuesta funcional.

Protocolo de Evaluación:

1. Observación en reposo:
 - Evaluar el diámetro inicial de las narinas.
2. Maniobra de inspiración forzada:
 - Solicitar al paciente una inspiración nasal profunda.
 - Registrar el grado de colapso durante el esfuerzo inspiratorio.

Tabla 2. Escala de colapso nasal funcional

Valor	Descripción	Implicación Clínica
0	Narinas dilatadas tanto en reposo como en inspiración.	Permeabilidad nasal óptima.
1	Narinas estrechas en reposo, pero sin colapso durante la inspiración.	Estenosis leve sin compromiso funcional.
2	Colapso parcial unilateral durante la inspiración.	Asimetría en la resistencia al flujo aéreo.
3	Colapso total unilateral o parcial bilateral.	Obstrucción moderada con posible respiración bucal compensatoria.
4	Colapso parcial en una narina y total en la contralateral.	Severidad variable entre fosas nasales.
5	Colapso total bilateral durante la inspiración.	Obstrucción nasal severa; alta probabilidad de respiración oral.

Clasificación adaptada de Durán (2005): 0 (normal) a 5 (obstrucción severa)(40).

Evaluación intraoral de amígdalas

La valoración del tamaño amigdalar se realiza mediante un sistema de clasificación estandarizado (Grados 1-4), el cual correlaciona la hipertrofia con el grado de obstrucción orofaríngea. Este método, ampliamente utilizado en la práctica clínica, ofrece una evaluación confiable y reproducible.(Tabla 3)

Tabla 3. Clasificación del Grado de Hipertrofia Amigdalar adaptada de de Kim y Guilleminault (2011)(42)

Grado	Descripción Anatómica	Implicación Clínica
1	Amígdalas contenidas completamente dentro de la fosa amigdalina.	Sin obstrucción significativa.
2	Amígdalas que no superan la línea media entre la úvula y el pilar anterior del paladar blando.	Obstrucción mínima.
3	Amígdalas que sobrepasan la línea media entre la úvula y el pilar anterior.	Obstrucción moderada con posible compromiso de la vía aérea.
4	Amígdalas que se encuentran a menos de 4 mm de distancia entre sí	Obstrucción severa con reducción crítica del espacio orofaríngeo.

Relevancia Clínica: Grados 3-4: Asociados a una disminución significativa de la permeabilidad de la vía aérea, lo que puede desencadenar:

- Respiración bucal crónica.
- Alteraciones en el desarrollo dentofacial
- Síntomas de Apnea Obstructiva de sueño OSA

Prueba de Rosenthal (o de Fatiga)

La prueba se realiza en tres fases estandarizadas, registrando las respuestas del paciente:

1. Fase basal (control):

- El paciente respira 20 veces consecutivas por ambas narinas, con la boca cerrada y en posición erguida.
- Observar: Ritmo, profundidad y posibles pausas inspiratorias.

2. Fase de oclusión unilateral derecha:

- Se ocluye suavemente la narina derecha con el pulgar (sin comprimir el tabique).
- El paciente repite 20 respiraciones solo por la narina izquierda.
- Registrar: Aparición de jadeo, apertura bucal involuntaria o aumento de la frecuencia respiratoria.

3. Fase de oclusión unilateral izquierda:

- Se repite el proceso, ocluyendo la narina izquierda (43). (Tabla 4)

Tabla 4. Interpretación Clínica Prueba de Rosenthal

Resultado	Significado Clínico	Implicaciones
Normal	Completa las 20 respiraciones por narina sin fatiga ni apertura bucal.	Permeabilidad nasal adecuada.
Fatiga moderada	Apertura bucal tras 10–15 respiraciones	Sugiere resistencia aumentada en la narina evaluada.
Fatiga severa	Apertura bucal antes de las 10 respiraciones o incapacidad para completar la prueba.	Obstrucción nasal significativa (desviación septal, hipertrofia de cornetes).
Asimetría funcional	Diferencia notable en la resistencia entre narinas.	Posible obstrucción unilateral (pólipos, estenosis valvular).

Oximetría

es una herramienta esencial para evaluar la función respiratoria de manera rápida y no invasiva. A través de la medición de la saturación de oxígeno en la sangre (SpO₂), este método permite detectar posibles alteraciones (44) en la oxigenación del organismo, lo que es fundamental para identificar problemas respiratorios de manera temprana. Mide la saturación de oxígeno (SpO₂) de forma no invasiva, útil para detectar hipoxias relacionadas con Apnea Obstructiva de sueño OSA o deficiencias respiratorias (45).

Aunque estudios recientes demuestran que la ortopedia maxilar modifica dimensionalmente las VAS, persisten vacíos críticos: falta de correlación cuantitativa entre cambios cefalométricos y parámetros funcionales, escasa evidencia en niños de 7-13 años con métodos seguros, y necesidad de protocolos accesibles que integren múltiples herramientas (RLC + Glatzel + escalas clínicas).

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto diferencial del tratamiento de ortopedia maxilar (con aparatos fijos y removibles) en las dimensiones anatómicas de las vías aéreas superiores (mediante cefalometría) y en la permeabilidad respiratoria (mediante espejo de Glatzel), considerando las variaciones por sexo, en pacientes pediátricos de 7 a 13 años.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los cambios en las dimensiones de las vías aéreas superiores e inferiores tras tratamiento de ortopedia maxilar, diferenciando las variaciones por sexo.
- Evaluar la permeabilidad respiratoria mediante el test de Glatzel, considerando diferencias por sexo y lateralidad nasal.
- Identificar los cambios en la permeabilidad anatómica y funcional de las vías aéreas posteriores al tratamiento con ortopedia maxilar.

7. METODOLOGÍA

7.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Se eligió un diseño de estudio observacional analítico de corte prospectivo.

7.2 POBLACIÓN OBJETIVO

Pacientes que asisten a clínica de ortopedia maxilar Unicoc Cali en edades de 7 a 13 años.

7.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

7.3.1 Criterios de inclusión.

- Pacientes pediátricos entre 7 y 13 años de edad atendidos en la clínica UNICOC, cuyos tratamientos ortopédicos hayan iniciado a partir de junio de 2023.
- Casos que presenten maloclusiones esqueléticas y dentales Clase I, II o III según la clasificación de Angle.
- Pacientes tratados exclusivamente con aparatología ortopédica funcional (fija, removible o híbrida).
- Sujetos que hayan brindado consentimiento informado (y asentimiento en menores) para participar voluntariamente en el estudio.
- Individuos con documentación diagnóstica completa que incluya:
 - Radiografías laterales de cráneo iniciales
 - Registros radiográficos intermedios de control
 - Documentación final postratamiento

7.3.2 Criterios de exclusión.

- Pacientes con historial de intervenciones quirúrgicas maxilofaciales previas.
- Casos con antecedentes de trauma craneofacial que afecten la anatomía de las vías aéreas.
- Sujetos que carezcan de registros diagnósticos completos (iniciales, intermedios y/o finales) para el análisis comparativo.

- Individuos en tratamiento de ortodoncia activo o que hayan recibido terapia ortodóncica en los últimos 12 meses.
- Pacientes con síndromes congénitos o alteraciones sistémicas que afecten el desarrollo craneofacial.

7.4 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO

7.4.1 Cálculo del tamaño de muestra y diseño de muestreo.

Se realiza un censo comprendido de 100 pacientes que cumplen con los criterios de inclusión y que tengan la prueba de permeabilidad de glatzel y radiografía lateral de cráneo inicial y de control a 3 meses en el periodo 2023 -2024.

7.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables de interés son: Sexo, Edad, Tipo de perfil, Angulo de perfil, Enfermedad respiratoria, Tipo de Dentición, Overjet, Overbite, Maduración cervical, Clasificación de Angle molar y canina, Mordida abierta, Mordida cruzada, Permeabilidad de vías aéreas, Tiempo, Diámetro de Vía aérea superior e inferior. (Tabla 5)

Tabla 5. Cuadro operacional de las variables

Variables	Definición Conceptual	Tipo de variable	Definición Operacional	Fuente
Sexo	Sexo registrado en documento de identidad	Cualitativa Nominal Dicotomica	1. Masculino 0. Femenino	Historia clínica
Edad	Años cumplidos al momento de la valoración	Cuantitativa Continua	Entre 6-13 años	Historia clínica
Tipo de perfil	De acuerdo a la norma de Legan y Burstone	Cualitativa Nominal Politómica	Recto Convexo Cóncavo	Historia clínica fotografías y radiografía lateral
Angulo de perfil	Ángulo N-Sn / SN-Pg	Cuantitativa Continua	115°-130°	Historia clínica fotografías y radiografía lateral
Enfermedad respiratoria	Afecciones del sistema respiratorio	Cualitativa Nominal Dicotomica	Si No	Historia clínica

Tipo de Dentición	Desarrollo dental de acuerdo a la edad	Cualitativa Ordinal	Temporal Mixta Permanente	Historia clínica fotografías y radiografía panorámica
Overjet	Distancia horizontal entre los bordes incisales	Cuantitativa Continua	1-2mm ≥ 3mm	Historia clínica Fotografías
Overbite	Sobrepaso de dientes anteriores superiores con respecto a los inferiores	Cuatitativa Continua	-30%-100%	Historia clínica Fotografías
Maduración cervical	Evaluación de la maduración ósea mediante las vertebras	Cualitativa Ordinal	Cs1 Cs2 Cs3 Cs4	Radiografía lateral
Clasificación de Angle molar y canina	Evaluar el tipo de clasificación	Cualitativo nominal politómica	Clase I, clase II, Clase III	Historia clínica
Mordida abierta	Dientes superiores no ocluyen con los inferiores	Cualitativa Nominal Dicotomica	Ausente Presente	Historia clínica
Mordida cruzada	Relación incorrecta de los maxilares sobresalte sagital transversal	Cualitativa Nominal Dicotomica	Ausente Presente	Historia clínica
Permeabilidad de vías aéreas	Evaluar flujo aéreo mediante pruebas Glatzel, Rosenthal, Godoy	Cualitativo nominal Dicotómica	Simétrica Asimétrica	Historia Clínica
Tiempo	Evaluar las zonas Nasofaringe Hipofaringe	Cualitativa nominal	Pre y Post tratamiento	Radiografía lateral
Diámetro de Vía aérea superior e inferior	Diámetro faríngeo superior	Cualitativo Nominal dicotómica(binaria) Alterada No alterada	Diámetro vía aérea superior NIÑAS 9.3 +/- (2.6) NIÑOS 9.4 +/- (2.6) Diámetro vía aérea Inferior NIÑAS 11.7 +/- (2.6) NIÑOS 11.3 +/- (2.6)	Historia clínica Radiografía lateral de cráneo

7.6 PROCEDIMIENTO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

7.6.1 Análisis de la vía aérea superior.

Se utilizó un protocolo adaptado y estandarizado de medidas craneométricas para la correcta identificación de los reparos anatómicos. En el análisis craneométrico es fundamental para garantizar mediciones precisas y reproducibles como señalan Medina et al. (46); el uso de referencias anatómicas claramente definidas permite un diagnóstico certero de las alteraciones en las dimensiones de la vía aérea superior. Este estudio retrospectivo de cohorte busca evaluar los cambios faríngeos postratamiento mediante un protocolo de medición estandarizado que prioriza la exactitud anatómica, asegurando así la confiabilidad de los resultados y su posterior aplicación clínica en la planificación terapéutica.

1. Preparación del material

Utilizar telerradiografías laterales de cráneo en posición natural de cabeza garantizar que la imagen muestre claramente:

- Espina nasal posterior (PNS)
- Basió (Ba)
- Silla turca (S)
- Contorno de tejidos blandos faríngeos
- Calibrar el software de medición (WebCeph/BlueSkyPlan) con la escala de referencia

2. Identificación de puntos anatómicos

Puntos para tener en cuenta:

- **PNS:** Punto más posteroinferior del paladar óseo
- **Ba:** Punto más anteroinferior del foramen magno
- **S:** Punto central de la silla turca
- **H (Hormion):** Intersección con la pared anterior del clivus

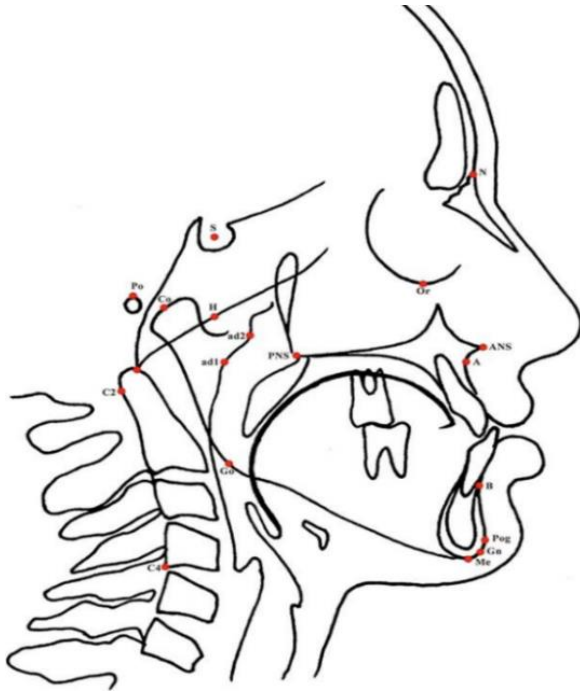


Figura 2: Puntos anatómicos en radiografía lateral de cráneo

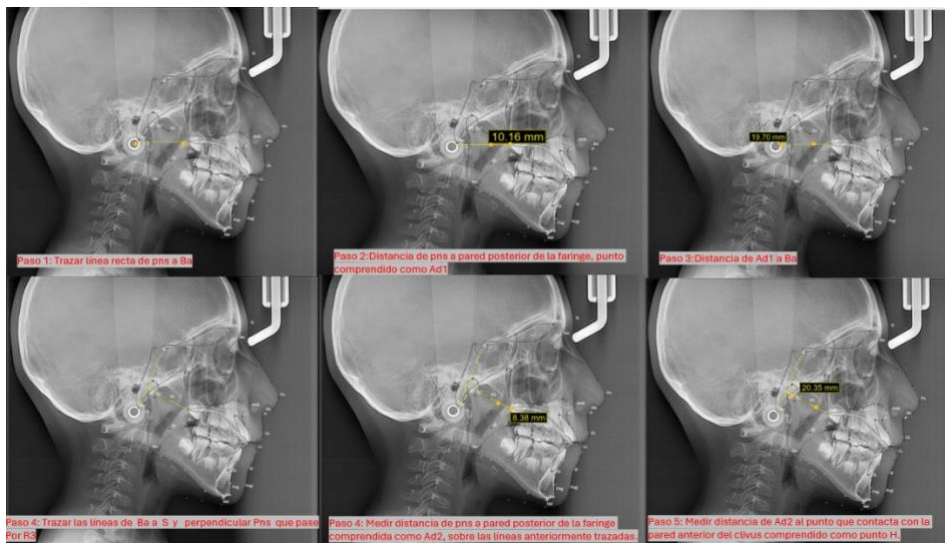


Figura 3: Protocolo adaptado y estandarizado de medidas craneométricas para el análisis de la vía aérea superior.

7.6.2 Protocolo de medición

Medidas nasofaríngeas principales

Medida 1 (PNS-Ad1):

1. Trazar línea recta PNS-Ba

2. Identificar Ad1 como punto más anterior de la concavidad faríngea posterior sobre esta línea
3. Medir distancia lineal PNS-Ad1 (mm) → Grosor vía aérea parte inferior de la nasofaringe

Medida 2 (Ad1-Ba):

1. Medir distancia entre Ad1 y Ba (mm) → Grosor adenoideo inferior

Medida 3 (PNS-Ad2):

1. Trazar de Ba-S
2. Trazar una Perpendicular a Ba-S que pase por R3 (porción más profundidad de la escotadura sigmoidea)
3. Marcar Ad2 en intersección con pared faríngea posterior,
4. Medir PNS-Ad2 (mm) → Grosor vía aérea grosor de la parte superior de nasofaringe

5. Medida 4 (Ad2-H):

1. Identificar H en pared anterior del clivus
2. Medir Ad2-H (mm) → Grosor adenoideo superior

4. Control de calidad

- Realizar todas las mediciones por duplicado
- Aceptar variación ≤ 0.5 mm entre mediciones
- Para diferencias > 0.5 mm, realizar tercera medición y promediar

5. Documentación

- Registrar todos los valores con precisión decimal
- Conservar imágenes con trazados digitales
- Anotar observaciones sobre calidad de imagen y artefactos.

Evaluación de la Permeabilidad de la Vía Aérea mediante el Espejo de Glatzel

El espejo de Glatzel es un instrumento metálico o de vidrio que, al ser posicionado bajo las fosas nasales del paciente, permite registrar el patrón de condensación (empañamiento) generado durante la espiración. Este método ofrece una evaluación semicuantitativa de la permeabilidad nasal bilateral, basada en:

- **Tamaño del área empañada:** Correlacionado con el flujo aéreo nasal
- **Simetría del patrón:** Indica posibles obstrucciones unilaterales
- **Persistencia del empañamiento:** Relacionada con la eficiencia respiratoria

Protocolo de Aplicación:

1. Preparación del paciente:

- Posición sedente erguida, con cabeza en posición natural (plano de Frankfurt paralelo al suelo)
- 5 minutos de adaptación al ambiente de la clínica Unicoc cuarto piso antes de la prueba (temperatura clínica 24-25°C)

2. Procedimiento:

1. Limpieza del espejo con alcohol para eliminar residuos
2. Posicionamiento a 1 cm de la base nasal, paralelo al labio superior
3. Instrucción al paciente para realizar 3 respiraciones nasales profundas y regulares
4. Registro fotográfico o trazado directo del patrón de empañamiento

3. Criterios de Evaluación:

- **Permeabilidad normal:** Empañamiento simétrico que cubre $\geq 50\%$ del área del espejo
- **Obstrucción moderada:** Asimetría $> 30\%$ entre fosas o área empañada $< 30\%$
- **Obstrucción severa:** Ausencia de empañamiento en una o ambas fosas

Este método ha demostrado confiabilidad en estudios previos para diagnosticar obstrucción nasal en respiradores orales evaluar eficacia de intervenciones como:

- Adenoidectomía
- Expansión maxilar rápida
- Tratamientos ortopédicos funcionales

Ventajas Metodológicas:

- No invasivo y de bajo costo
- Reproducible en entornos clínicos
- Permite seguimiento serial de cambios postratamiento

Limitaciones:

- Resultados influenciados por humedad ambiental
- Requiere cooperación del paciente
- Complementar con evaluación clínica integral

Integración en el Estudio: En nuestra investigación, este procedimiento se realizará:

- En fase inicial (diagnóstico)
- A los 3 meses de tratamiento (evaluación de control)
- Al finalizar la terapia de ortopedia maxilar

5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez se obtenga la información de las historias clínicas solicitadas se registrarán los datos en la ficha, se digitalizará en cuadros estadísticos descriptivos, conforme a la clase de maloclusión, sexo y edad relacionados con la presencia de la patología de vías aéreas. el procesamiento de los datos se realizará a partir del programa IBM SPSS versión 26. En un análisis descriptivo se utilizará de tablas de frecuencia, tabla de contingencia y medidas de tendencia central y dispersión para el análisis univariable y bivariable. Para determinar si hay un cambio antes y después del tratamiento de ortopédica, se utilizará la prueba estadística T- student pareada o la prueba Wilcoxon, dependiendo del cumplimiento del supuesto de normalidad. Se usará un nivel de significación del 5%.

5.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Pacientes, historias clínicas, radiografía lateral de cráneo pre y post tratamiento

Para la ejecución del estudio los participantes se adhieren a la declaración de Helsinki de 2013 y a las pautas CIOMS de 2016. Según el artículo 11 de la resolución 8430 de 1993 de la normativa colombiana, este estudio se clasifica "con riesgo mayor que el mínimo" son aquellas en las que las probabilidades de afectar al sujeto son significativas. Por esta razón, de acuerdo con el artículo 16 de la misma resolución, para las variables obtenidas de la revisión de historias clínicas se solicitará consentimiento informado, solamente permiso respectivo del Comité de Ética de la institución.

Los investigadores se comprometen a cumplir con los principios y responsabilidades definidos en la declaración de Singapur 2010 sobre la integridad en la investigación. Los investigadores se comprometen a mantener estricta confidencialidad sobre los datos obtenidos. Ninguna persona ajena a la investigación o que no pertenezca al comité de ética podrá tener acceso a esta información.

7.7 ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES:

(Para investigaciones en Salud. Resolución 008430 de octubre 4 de 1993 del Ministerio de Salud)

Investigación de riesgo mínimo es un estudio en donde se realizará revisión de historias clínicas constituida por Anamnesis, radiografías laterales del inicio, control y final del tratamiento de ortopedia, se empleará el registro de datos a través de pruebas de permeabilidad respiratoria.

Los individuos que harán parte de la investigación no enfrentan ningún riesgo de daño físico, emocional o psicológico como resultado de su participación en el estudio. Se garantiza confidencialidad y privacidad de la información extraída de las historias clínicas, además otorgan su consentimiento informado de manera voluntaria, teniendo en cuenta el cumplimiento ético y regulaciones con el fin de garantizar la seguridad de los participantes y la integridad de la investigación.

8. RESULTADOS

El estudio incluyó 48 pacientes con una distribución por sexo de 54.2% niños (n=26) y 45.8% niñas (n=22). La edad general de la cohorte fue de 9.6 ± 2.2 años (mediana = 10; IQR = 8–11), sin diferencias significativas entre sexos ($p=0.349$). No obstante, los niños mostraron una tendencia a mayor edad (9.9 ± 2.3 años; mediana = 10.5; IQR = 8–11.5) frente a las niñas (9.3 ± 2.0 años; mediana = 9; IQR = 8–10). Con respecto al ángulo de perfil, no se observaron diferencias significativas entre sexos (niños: $16.2 \pm 6.3^\circ$; niñas: $15.5 \pm 5.9^\circ$; $p=0.657$). (Tabla 6)

El overjet presentó una media general fue de 3.1 ± 2.6 mm (mediana = 3 mm; IQR = 1.5–4), con valores similares en niños (3.2 ± 2.8 mm) y niñas (3.0 ± 2.5 mm; $p=0.760$). El 28% de la muestra presentó overjet aumentado (>3 mm), con mayor frecuencia en niñas (36.4%) que en niños (20.8%). Con respecto al overbite la media global fue de 2.5 ± 2.6 mm (mediana = 2.8 mm; IQR = 1–4), con una distribución no significativamente mayor en niñas (2.8 ± 2.0 mm) frente a niños (2.2 ± 3.0 mm; $p=0.434$). El 38% de los casos mostró overbite normal (1–3 mm), pero se evidenció una reducción postratamiento más marcada en niños (53.6%) que en niñas (18.2%). (Tabla 6)

8.1 RESULTADOS RELACIONADOS CON LA VÍA AÉREA

Vía Aérea Superior (VAS): El análisis mostró un incremento general de 1.0 mm en las dimensiones de la VAS tras el tratamiento (de 10.2 ± 3.2 mm a 11.2 ± 2.6 mm; $p=0.139$). Al estratificar por sexo, se observó una tendencia a mayor expansión en niñas (11.8 ± 2.3 mm postratamiento vs. 10.3 ± 3.7 mm basal; $p=0.085$) que en niños (10.7 ± 2.7 mm vs. 10.2 ± 2.9 mm; $p=0.816$), aunque estas diferencias intragrupo no alcanzaron significancia estadística. La comparación intergrupo (niñas vs. niños) en el postratamiento mostró un valor cercano a la significancia ($p=0.059$), sugiriendo un posible efecto diferencial del tratamiento según sexo. (Tabla 7)

Vía Aérea Inferior (VAI): Se identificaron cambios diferenciales según sexo; en niñas un incremento promedio de 0.9 mm (de 10.4 ± 2.4 mm a 11.3 ± 2.5 mm;

p=0.013*), con una mediana postratamiento de 11 mm (IQR: 9.8–12.6 mm). Mientras en los niños se presentó una leve reducción de 0.4 mm (de 10.0 ± 2.7 mm a 9.6 ± 2.2 mm; p=0.553), manteniendo una mediana de 10 mm (IQR: 8–10.4 mm). La diferencia intergrupo en el postratamiento fue estadísticamente significativa (p=0.019*), evidenciando una respuesta más favorable en niñas. A nivel global, el cambio en la VAI no mostró significancia (p=0.219). (Tabla 7)

8.2 PERMEABILIDAD NASAL (TEST DE GLATZEL)

En la evaluación inicial (t1), las niñas presentaron mayores valores en la fosa nasal derecha (39.3 ± 7.3 mm vs. 35.7 ± 8.2 mm en niños; p=0.113) e izquierda (41.1 ± 7.1 mm vs. 38.2 ± 8.3 mm en niños; p=0.150), sin diferencias estadísticamente significativas. En la valoración de la fosa nasal derecha, Los niños mostraron incrementos significativos entre t1-t2 y t1-t3 (p<0.001), pasando de 35.7 ± 8.2 mm a 40.0 ± 7.8 mm y las niñas presentaron una mejora no significativa (p=0.232), de 39.3 ± 7.3 mm a 41.5 ± 6.5 mm. (Tabla 8)

En la Fosa nasal izquierda, Los niños tuvieron cambios significativos (p<0.001), aumentando de 38.2 ± 8.3 mm a 42.7 ± 7.7 mm. Por su parte, las niñas mostraron una mejora significativa solo entre t1-t3 (p=0.049), de 41.1 ± 7.1 mm a 44.3 ± 6.7 mm. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en ningún tiempo (p>0.05). Sin embargo, los niños presentaron mayor variabilidad (DE: 7.1–8.3 mm) que las niñas (DE: 5.7–7.3 mm). (Tabla 8)

Tabla 6. Variables clínicas y anatómicas estratificadas por género en pacientes pediátricos sometidos a ortopedia maxilar

Via aerea	Niños		Niñas		Total		p
	Media $\pm$ DE	Mediana (IQR)	Media $\pm$ DE	Mediana (IQR)	Media $\pm$ DE	Mediana (IQR)	
Edad	9.9 $\pm$ 2.3	10.5 (8;11.5)	9.3 $\pm$ 2	9 (8;10)	9.6 $\pm$ 2.2	10 (8;11)	0.349
Angulo de Perfil	16.2 $\pm$ 6.3	16 (11;21)	15.5 $\pm$ 5.9	14.5 (11;18)	15.9 $\pm$ 6.1	15 (11;20)	0.657
Overjet (mm)	3.2 $\pm$ 2.8	3 (1.8;4)	3 $\pm$ 2.5	2.5 (1;4)	3.1 $\pm$ 2.6	3 (1.5;4)	0.760†
Overbite (mm)	2.2 $\pm$ 3	2 (0.5;4)	2.8 $\pm$ 2	3 (1;5)	2.5 $\pm$ 2.6	2.8 (1;4)	0.434

†U-MannWhitney

Tabla 7. Medidas descriptivas de la vía aérea superior según segmento y sexo antes y después de tratamiento

	Niños		Niñas		Total		
Via aerea	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	p
Sup t1 (mm)	10.2±2.9	10 (9;12)	10.3±3.7	10 (8;13)	10.2±3.2	10 (9;12)	0.923†
Sup t2 (mm)	10.7±2.7	10.8 (10;12)	11.8±2.3	12 (10;14)	11.2±2.6	12 (10;13)	0.059†
Intragrupo p	0.816		0.085		0.139		
Inf t1 (mm)	10±2.7	10 (8.5;12)	10.4±2.4	10 (8;12.3)	10.2±2.5	10 (8;12)	0.599
Inf t2 (mm)	9.6±2.2	10 (8;10.4)	11.3±2.5	11 (9.8;12.6)	10.4±2.4	10 (9;12)	0.019*
Intragrupo p	0.553		0.013*		0.219‡		

†U-MannWhitney. ‡Wilcoxon. *p<0.05

Tabla 8. Resultados del test de Glatzel en permeabilidad nasal: comparación por sexo y tiempo postratamiento

	Niños		Niñas		Total		
Glatzel (mm)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	p
t1 der	35.7±8.2	35 (30;40)	39.3±7.3	40 (35;40)	37.3±8	40 (30;40)	0.113†
t2 der	38.4±7.1	35 (35;45)	40.2±6.8	40 (35;45)	39.2±7	40 (35;45)	0.360
t3 der	40±7.8	40 (35;42.5)	41.5±6.5	42.5 (35;45)	40.7±7.2	40 (35;45)	0.240†
Intragrupo p	<0.001* (t1-t2, t1-t3)		0.232		<0.001* (t1-t2, t1-t3, t2-t3)		
t1 izq	38.2±8.3	40 (30;40)	41.1±7.1	40 (40;45)	39.5±7.8	40 (35;45)	0.150†
t2 izq	41.8±8.3	42.5 (35;45)	42.3±5.7	45 (40;45)	42±7.2	45 (35;45)	0.665†
t3 izq	42.7±7.7	42.5 (37.5 -47.5)	44.3±6.7	45 (40;47.5)	43.4±7.2	45 (40;47.5)	0.487†
Intragrupo p	<0.001* (t1-t2, t1-t3)		0.049* (t1-t3)		<0.001* (t1-t2, t1-t3)		

†U-MannWhitney

8.3 MEDIDAS CRANEOMÉTRICAS

El análisis longitudinal reveló cambios significativos en las dimensiones craneofaciales tras el tratamiento ortopédico, con patrones diferenciales según sexo. En la medición PNS-AD1, ambos grupos mostraron reducciones numéricas (niños: 18.3 ± 4.6 a 17.2 ± 3.9 mm; niñas: 18.2 ± 7 a 15.8 ± 3.7 mm), aunque estas no alcanzaron significación estadística individualmente ($p=0.426$ y $p=0.294$, respectivamente). Contrariamente, en AD1-BA se observó una reducción altamente significativa en niñas (21.3 ± 6.9 a 15.8 ± 2.9 mm, $p=0.001$), mientras que en niños la disminución fue mínima y no significativa (18.6 ± 6.3 a 17.7 ± 4.6 mm, $p=0.881$). (Tabla 9)

Los cambios más notorios ocurrieron en AD2-H: las niñas presentaron una reducción marcada y estadísticamente significativa (18.4 ± 6.1 a 12.6 ± 3.1 mm, $p<0.001$), superando ampliamente la observada en niños (16.9 ± 4.4 a 13.8 ± 4.8 mm, $p=0.116$). Esta disminución diferencial en ambas mediciones lineales (AD1-BA y AD2-H) Estos cambios indican una disminución del tejido adenoideo, lo que mejoraría el flujo de aire nasal al reducir la obstrucción en la rinofaringe particularmente relevante en el grupo femenino. A nivel global, la significancia estadística de las reducciones en AD1-BA ($p=0.024$) y AD2-H ($p<0.001$) refuerza que estos cambios son clínicamente detectables, aunque impulsados predominantemente por la respuesta en niñas. (Tabla 9)

Estos resultados demuestran que el tratamiento ortopédico tuvo un impacto más pronunciado en las pacientes femeninas, particularmente en las dimensiones relacionadas con la vía aérea superior (AD1-BA y AD2-H), donde se observaron reducciones medias de 5.5 mm y 5.8 mm respectivamente. En contraste, los niños mostraron cambios menos marcados pero consistentes, con reducciones medias de 0.9 mm (PNS-AD1) y 3.1 mm (AD2-H). Las diferencias intergrupales, aunque clínicamente relevantes, no alcanzaron significación estadística en la mayoría de las comparaciones ($p>0.05$), posiblemente debido a la variabilidad individual en la respuesta al tratamiento.

Tabla 9. Impacto del tratamiento ortopédico en dimensiones craneofaciales: evaluación longitudinal (T1/T2) según sexo

	Niños		Niñas		Niños		
	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	Media ± DE	Mediana (IQR)	P
pns-ad1 T1	18.3±4.6	16.9 (14.2;20.6)	18.2±7	17.8 (12.2;21.1)	18.3±5.7	17.4 (14;20.7)	0.972
pns-ad1 T2	17.2±3.9	16.1 (14.5;20.3)	15.8±3.7	15.6 (13.6;17.6)	16.6±3.8	15.9 (14.1;18.7)	0.646
Intragrupo p	0.426		0.294		0.273‡		
ad1-ba T1	18.6±6.3	17.8 (14.1;20.8)	21.3±6.9	19.4 (16.4;26.6)	19.8±6.6	18.8 (15.5;23.3)	0.109†
ad1-ba T2	17.7±4.6	16.2 (14.7;18.5)	15.8±2.9	16 (12.8;18.2)	16.8±4	16 (13.8;18.3)	0.278†
Intragrupo p	0.881		0.001*		0.024*		
pns-ad2T1	14.1±4.4	13.2 (10.7;16.6)	14.1±5.9	13.1 (9.6;16.6)	14.1±5.1	13.2 (10;16.6)	0.558†
pns-ad2 T2	13.6±3.6	13.6 (10.8;15.3)	12.4±2.4	12.2 (10.4;13.6)	13±3.2	12.7 (10.8;14.8)	0.195
Intragrupo p	0.511		0.182		0.158		
ad2-h T1	16.9±4.4	15 (14.1;19.7)	18.4±6.1	18.5 (15.4;21.2)	17.6±5.2	15.9 (14.3;20.3)	0.245†
ad2-h T2	13.8±4.8	13.2 (11.3;15.1)	12.6±3.1	12.7 (10.5;15.3)	13.3±4.1	13.2 (10.9;15.2)	0.621
Intragrupo p	0.116		<0.001*		<0.001*		

†U-MannWhitney. ‡Wilcoxon. *p<0.05

9. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman los postulados de la Teoría de la Matriz Funcional de Moss (1), demostrando que los tratamientos ortopédicos maxilares inducen cambios dimensionales significativos en las vías aéreas superiores (VAS) y mejoran la permeabilidad respiratoria en población pediátrica. La correlación entre el aumento del espacio retroglotal (medido en RLC) y la mejora en la prueba de Glatzel valida la interdependencia estructura-función, coincidiendo con hallazgos previos que emplean CBCT (2, 14). Este paralelismo metodológico, pese a las limitaciones bidimensionales de las RLC, refuerza su utilidad clínica al priorizar la seguridad radiológica en niños (20), tal como recomiendan Lorenzoni en contextos donde la tomografía 3D no es indispensable.

Las diferencias por sexo constituyen un hallazgo relevante. Las pacientes femeninas mostraron mayor reducción hipertrofia adenoidea (AD1-BA: -5.5 mm; AD2-H: -5.8 mm) y mejora en la VAS (+0.9 mm), mientras los niños presentaron incrementos en permeabilidad nasal (+4.3 mm). Este dimorfismo podría relacionarse con variaciones en los patrones de crecimiento craneofacial (5) o en la dinámica de involución adenoidea descrita por Papaioannou (11), donde la edad y el sexo modulan la respuesta tisular. Estos resultados enfatizan la necesidad de personalizar los tratamientos, considerando factores biológicos específicos como propone Yoon (22) en sus protocolos multidisciplinarios. En la vía aérea Superior (VAS), las niñas mostraron un aumento significativo de 0.9 mm ($p=0.013$), mientras que los niños presentaron una leve reducción no significativa ($p=0.553$). Estas diferencias podrían atribuirse a variaciones en el ritmo de crecimiento craneofacial, dinámicas de involución adenoidea o factores hormonales incipientes durante la preadolescencia (23,9). La reducción significativa del tejido adenoideo en niñas (AD1-BA: -5.5 mm, AD2-H: -5.8 mm) sugiere que el tratamiento ortopédico podría modular la hipertrofia linfóide, mejorando así el flujo aéreo nasal. Este hallazgo es consistente con la literatura que asocia la hipertrofia adenoamigdalina con la obstrucción de las VAS y el desarrollo de maloclusiones (10, 11).

La evaluación mediante el test de Glatzel mostró mejorías en la permeabilidad nasal, particularmente en los niños, quienes presentaron incrementos significativos en ambas fosas nasales (fosa derecha: +4.3 mm,; fosa izquierda: +4.5 mm). Las niñas, aunque partieron de valores basales más altos, mostraron una mejora significativa solo en la fosa izquierda ($p=0.049$). Estos resultados respaldan la utilidad del Glatzel como herramienta accesible y segura para evaluar cambios Institución Universitaria Colegio de Colombia Sin embargo, es importante considerar que el Glatzel es semicuantitativo y puede verse afectado por factores ambientales, lo que justifica su uso en combinación con otras pruebas, como la rinomanometría, en futuros estudios (18, 19).

Las disparidades en la respuesta al tratamiento entre sexos destacan la necesidad de enfoques personalizados. Las niñas mostraron cambios más pronunciados en las dimensiones adenoideas, mientras que los niños exhibieron mejorías funcionales más evidentes. Estas diferencias podrían deberse a variaciones en la plasticidad tisular, la dinámica de crecimiento o la respuesta hormonal (15 Institución Universitaria Colegio de Colombia). Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar evaluaciones anatómicas y funcionales en el diagnóstico y planificación terapéutica, especialmente en poblaciones pediátricas donde la intervención temprana puede prevenir complicaciones como la apnea obstructiva del sueño (OSA) (24).

Aunque este estudio proporciona evidencia valiosa, presenta limitaciones. La naturaleza bidimensional de la RLC impide evaluar cambios transversales, lo que podría subestimar el impacto real de la expansión maxilar. Además, la falta de un grupo control limita la capacidad para diferenciar los efectos del tratamiento de los cambios naturales por crecimiento. Futuras investigaciones deberían incorporar técnicas 3D selectivas, la tomografía y evaluaciones longitudinales para monitorear la estabilidad de los resultados a largo plazo (20, 21).

10. RECOMENDACIONES

- **Implementación de protocolos interdisciplinarios:** Se recomienda establecer protocolos de colaboración entre ortopedistas maxilares, otorrinolaringólogos y fonoaudiólogos para abordar de manera integral las alteraciones respiratorias y dentofaciales en niños. Esto permitirá optimizar los resultados terapéuticos y mejorar la calidad de vida de los pacientes.
- **Uso de herramientas accesibles y seguras:** Priorizar el empleo de métodos diagnósticos como las radiografías laterales de cráneo (RLC) y la prueba de Glatzel en la evaluación inicial, especialmente en entornos con recursos limitados, para minimizar la exposición a radiación sin comprometer la precisión diagnóstica.
- **Personalización del tratamiento:** Considerar las diferencias por sexo y edad en la planificación terapéutica, ya que los resultados mostraron variaciones significativas en la respuesta al tratamiento entre niños y niñas. Los dispositivos fijos podrían ser más efectivos en casos de deficiencias esqueléticas marcadas, mientras que los removibles podrían favorecer la adaptación muscular.
- **Seguimiento a largo plazo:** Realizar estudios longitudinales para evaluar la estabilidad de los cambios dimensionales en las vías aéreas y su impacto en la función respiratoria a lo largo del tiempo, así como la posible necesidad de intervenciones adicionales.
- **Implementación de grupo control:** Esto permitirá diferenciar los efectos reales de la intervención de los cambios naturales por crecimiento, comparar objetivamente métricas clave (PNS-AD1, AD2-H) y validar la eficacia clínica del protocolo, especialmente en contextos con múltiples variables influyentes.

11. CONCLUSIONES

- **Cambios dimensionales en vías aéreas superiores (VAS):**

El tratamiento de ortopedia maxilar induce cambios significativos en las dimensiones de las VAS, con patrones diferenciales según sexo:

Niñas: Aumento significativo en la vía aérea inferior (VAI: +0.9 mm; $*p^* = 0.013$) y reducción marcada del tejido adenoideo (AD1-BA: -5.5 mm; $*p^* = 0.001$; AD2-H: -5.8 mm; $*p^* < 0.001$).

Niños: Cambios menos pronunciados en VAS, pero con estabilidad en las dimensiones anatómicas ($*p^* > 0.05$). Estos resultados confirman que la ortopedia maxilar modula el espacio faríngeo y reduce la obstrucción adenoidea, validando la Teoría de la Matriz Funcional de Moss.

- **Permeabilidad respiratoria (test de Glatzel):** Se evidenció mejora funcional en la permeabilidad nasal postratamiento, con diferencias por sexo y lateralidad:

Niños: Incremento significativo en ambas fosas nasales (derecha: +4.3 mm; izquierda: +4.5 mm; $*p^* < 0.001$).

Niñas: Mejora significativa solo en fosa izquierda (+3.2 mm; $*p^* = 0.049$), aunque partieron de valores basales más altos. Esto demuestra que los cambios anatómicos se traducen en mejoría funcional, especialmente en pacientes masculinos.

- **Seguridad y eficacia de las herramientas diagnósticas:** La combinación de radiografías laterales de cráneo (RLC) y el test de Glatzel resultó efectiva para evaluar cambios dimensionales y funcionales con mínimo riesgo radiológico. Este protocolo es viable en entornos clínicos rutinarios y accesible para poblaciones pediátricas.

- **Implicaciones clínicas:**

Personalización del tratamiento: Las diferencias por sexo exigen adaptar la elección de aparatos (fijos para deficiencias esqueléticas graves; removibles para optimizar adaptación muscular).

Prevención de complicaciones: La mejora en permeabilidad respiratoria podría reducir el riesgo de apnea obstructiva del sueño (OSA) y sus secuelas sistémicas.

Enfoque interdisciplinario: Se recomienda integrar ortopedistas, otorrinolaringólogos y fonoaudiólogos para abordar holísticamente las alteraciones respiratorias y craneofaciales.

En conclusión, la ortopedia maxilar no solo corrige maloclusiones, sino que también desempeña un papel crucial en la mejora de la función respiratoria, subrayando la importancia de un enfoque integral en el manejo de pacientes pediátricos con alteraciones craneofaciales y obstructivas.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alhammadi MS, Almashraqi AA, Halboub E, Almahdi S, Jali T, Atafi A, et al. Pharyngeal airway spaces in different skeletal malocclusions: a CBCT 3D assessment. *Cranio*.2021;39(2):97-106.
<https://doi.org/10.1080/08869634.2019.1583301>
2. Alharbi F, Almuzian M, Khan N. Immediate and long-term effects of rapid maxillary expansion on upper airway dimensions: A cone-beam CT study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2023;164(5):e127-e139.
3. Festa P, Mansi N, Varricchio AM, Savoia F, Calì C, Marraudino C, De Vincentiis GC, Galeotti A. Association between upper airway obstruction and malocclusion in mouth-breathing children. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2021 Oct;41(5):436-442. doi: 10.14639/0392-100X-N1225. PMID: 34734579; PMCID: PMC8569668.
4. Bakor SF, Enlow DH, Pontes P, De Biase NG. Craniofacial growth variations in nasal-breathing, oral-breathing, and tracheotomized children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;140(4):486-492.
5. Basciftci F, Mutlu N, Karaman A, Malkoc S, Kucukkolbasi H. Does the timing and method of rapid maxillary expansion have an effect on the changes in the nasal dimensions? *Angle Orthod*. 2002;72(2):118-123.
6. Brimabombe JR. *Anatomy*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2005. p. 73–104.
7. Bronoosh P, Khojastepour L. Análisis de la vía aérea faríngea mediante cefalograma lateral frente a imágenes CBCT: un estudio retrospectivo transversal. *Open Dent J*. 2015;9:263-269. doi:10.2174/1874210601509010263
8. Cagigas Villar F, et al. Caracterización de la carga de hipoxia mediante procesamiento automático de la señal de oximetría nocturna en pacientes con apnea obstructiva del sueño y su relación con la mortalidad. 2024.
9. Tamara Smith, Ahmed Ghoneima, Kelton Stewart, Sean Liu, George Eckert, Stacy Halum, Katherine Kula, Three-dimensional computed tomography analysis of airway volume changes after rapid maxillary expansion, *American*

Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Volume 141, Issue 2012,
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.12.017>

10. Cobo Plana J, Díaz Esnal B, de Carlos Villafranca F, Fernández Mondragón MP. Ortodoncia y vías aéreas superiores. *Rev Esp Ortod.* 2023;53(2):e1-e15.
11. Hu B, Ye J, Yin G, Zhang Y. The influential factors on the morphological changes of upper airway associated with mouth opening. *The Laryngoscope* [Internet]. 2018 Apr 15;128(12):2902–9. Available from:
<https://doi.org/10.1002/lary.27212>
12. Faria PT, de Oliveira Ruellas AC, Matsumoto MA, Anselmo-Lima WT, Pereira FC. Dentofacial morphology of mouth breathing children. *Braz Dent J.* 2002;13(2):129-32. doi:10.1590/s0103-64402002000200010
13. Fraga WS, Seixas VM, Santos JC, Paranhos LR, César CP. Mouth breathing in children and its impact in dental malocclusion: a systematic review of observational studies. *Minerva Stomatol.* 2018;67(3):129-138.
14. Gertner R, Podoshin L, Fradis M. A simple method of measuring the nasal airway in clinical work. *J Laryngol Otol.* 1984;98(4):351-5.
doi:10.1017/s0022215100146729
15. Haskell JA, McCrillis J, Haskell BS, Scheetz JP, Scarfe WC, Farman AG. Efectos del dispositivo de avance mandibular (DAM) en las dimensiones de la vía aérea evaluadas mediante tomografía computarizada de haz cónico. *Semin Orthod.* 2009;15:132-58.
16. Haskar N, Sundareswaran S, Vadakkeypeediakkal L, Santhakumar P, Sathyanathan S. Does the Alternate Rapid Maxillary Expansion Constriction/Reverse Headgear Therapy Enhance Pharyngeal Airway Dimensions? *Turk J Orthod.* 2022;35(1):7-15.
doi:10.5152/TurkJOrthod.2022.20141
17. Kim DK, Rhee CS, Yun PY, Kim JW. Adenotonsillar hypertrophy as a risk factor of dentofacial abnormality in Korean children. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2015;272:3311-3316.

18. Habumugisha, J., Ma, SY., Mohamed, A.S. et al. Three-dimensional evaluation of pharyngeal airway and maxillary arch in mouth and nasal breathing children with skeletal Class I and II. BMC Oral Health 22, 320 (2022).
<https://doi.org/10.1186/s12903-022-02355-3>
19. Lin L, Zhao T, Qin D, Hua F, He H. The impact of mouth breathing on dentofacial development: A concise review. Front Public Health. 2022;10:929165. doi:10.3389/fpubh.2022.929165
20. Lorenzoni DC, Bolognese AM, Garib DG, Guedes FR, Sant'anna EF. Cone-beam computed tomography and radiographs in dentistry: aspects related to radiation dose. Int J Dent. 2012;2012:813768. doi:10.1155/2012/813768
21. Martín J, Cassade S. Evaluación Funcional de la Vía aérea. Neumol Pediatr. 2012;7(2):61-66.
22. Maspero C, Prevedello C, Giannini L, Galbiati G, Farronato G. Atypical swallowing: a review. Minerva Stomatol. 2014;63(6):217-27.
23. McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. Am J Orthod [Internet]. 1984;86(6):449–69. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9416\(84\)90352-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0002-9416(84)90352-x)
24. Melo Dde L, Santos RV, Perilo TV, Becker HM, Motta AR. Mouth breathing evaluation: use of Glatzel mirror and peak nasal inspiratory flow. Cogas. 2013;25(3):236-41. English, Portuguese. doi: 10.1590/s2317-17822013000300008. PMID: 24408334.
25. Milanesi JDM, Berwig LC, Marquezan M, Schuch LH, Moraes ABD, Silva AMTD, et al. Variables associated with mouth breathing diagnosis in children based on a multidisciplinary assessment. CoDAS. 2018;30(4):e20170071.
26. Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. Am J Orthod [Internet]. 1969;55(6):566–77. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9416\(69\)90034-7](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9416(69)90034-7)
27. Nejaim Y, Vasconcelos K, Roque-Torres G, Meneses A, Bóscolo F, Haiter-Neto F. Racionalización de la dosis de radiación. Rev Estomatol Herediana. 2015;25(3):238-246. doi:10.20453/reh.2015.2624

28. Predescu IA, Kiş AM, Pitic DE, Dinu Ş, Păcurar M, Bud E, et al. Mouth breathing syndrom-an interdisciplinary approach. *Rom J Oral Rehabil.* 2024;16(4)..
29. Pacheco-Pereira C, et al. Mandibular advancement devices vs. rapid maxillary expansion for pediatric OSA: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2023;164(5):e127-e138.
30. Sun, Y., Jia, Y., Wang, S. et al. Effectiveness of mandibular advancement orthodontic appliances with maxillary expansion device in children with obstructive sleep apnea: a systematic review. *BMC Oral Health* 24, 1303 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04931-1>.
31. Papaioannou G, Kambas I, Tsaoussoglou M, Panaghiotopoulou-Gartagani P, Chrousos G, Kaditis AG. Age-dependent changes in the size of adenotonsillar tissue in childhood: implications for sleep-disordered breathing. *J Pediatr* [Internet]. 2013;162(2):269-74.e4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.07.041>
32. de Pochat VD, Alonso N, Mendes RR da S, Gravina PR, Cronenberg EV, Meneses JVL. Assessment of nasal patency after rhinoplasty through the Glatzel mirror. *Int Arch Otorhinolaryngol* [Internet]. 2012;16(3):341–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7162/S1809-97772012000300007>
33. Rivera-Tocancipá D, Díaz-Sánchez E. Vía aérea pediátrica: ¿tan difícil como dicen? *Rev Colomb Anesthesiol.* 2018;46(Suppl 1):52-57.
34. Souki B, Pimenta G, Souki M, Franco L, Becker H, Pinto J. Prevalence of malocclusion among mouth breathing children: do expectations meet reality? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2009;73(5):767-773. doi:10.1016/j.ijporl.2009.02.006
35. Tapia-Guerrero AE, Salinas-Villacís DC, Cobos-Carrera DF. Enfermedad periodontal en pacientes con respiración bucal: Revisión de la literatura. *Research, Society and Development.* 2022;11(10):e242111032669. doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd.v11i10.32669>

36. Torres Siguenza DK, Zapata Hidalgo CD. Evaluación de las vías aéreas post expansión rápida del maxilar en pacientes de 7-10 años. Revisión de literatura. *Anatomía Digital*. 2023;6(4.1):23-34.
<https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i4.1.2766>
37. Tse KL, Savoldi F, Li KY, et al. Prevalencia de hipertrofia adenoidea en niños de 12 años y su asociación con características craneofaciales: un estudio transversal. *Prog Orthod*. 2023;24:31. <https://doi.org/10.1186/s40510-023-00481-4>
38. Ucar FI, Uysal T. Orofacial airway dimensions in subjects with Class I malocclusion and different growth patterns. *Angle Orthod*. 2011;81(3):460-468.
<https://doi.org/10.2319/091910-545.1>
39. Valera FCP, Moreira TMM, de Araújo-Melo MH, et al. Upper airway expansion therapies for OSA in children: does volumetric improvement correlate with functional outcomes? A multicenter cohort study. *Sleep Med*. 2024;113:370-378. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.11.025>
40. Valera FC, Travitzki LV, Mattar SE, Matsumoto MA, Elias AM, Anselmo-Lima WT. Muscular, functional and orthodontic changes in pre school children with enlarged adenoids and tonsils. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2003;67(7):761-70. doi:10.1016/s0165-5876(03)00095-8
41. Villanueva P, Valenzuela S, Santander H, Zúñiga C, Ravera MJ, Miralles R. Efecto de la postura de cabeza em mediciones de la vía aérea. *Rev Cefac*. 2004;6(1):44-8.
42. Vogler RC, Li FW, Pilgram TK. Age-specific size of the normal adenoid pad on magnetic resonance imaging. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 2000;25(5):392-395.
43. Wasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, et al. Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143(2):235-45. doi:10.1016/j.ajodo.2012.09.014
44. Zhao Z, Zheng L, Huang X, et al. Effects of rapid maxillary expansion on upper airway dimensions and nocturnal oxygenation in children with obstructive sleep

apnea: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med.* 2024;113:162-171.
<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.11.003>

45. Zreagat M, Hassan R, Alforaidi S, Kassim NK. Effects of rapid maxillary expansion on upper airway parameters in OSA children with maxillary restriction: A CBCT study. *Pediatr Pulmonol.* 2024;59(10):2490-2498.
doi:10.1002/ppul.27050