

**EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA VERTEBRAL EN
AFRODESCENDIENTES E INDÍGENAS**

**AUTORES
NATALIA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR
SANTIAGO DE CALI
5 DE NOVIEMBRE DE 2025**



**EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA VERTEBRAL EN
AFRODESCENDIENTES E INDÍGENAS**

AUTORES

NATALIA GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

DIRECTOR

ANTONIO BEDOYA
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

ASESOR METODOLÓGICO

CARLOS HUMBERTO MARTINEZ
MAGISTER EN EPIDEMIOLOGÍA

ASESOR ESTADÍSTICO

JULIAN ANDRES TAMAYO
MAGISTER EN LOGÍSTICA

COLEGIO ODONTOLÓGICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santiago de Cali, 29 de noviembre de
2025

DEDICATORIA

*A Dios, fuente de toda sabiduría y propósito, por guiar mis pasos con amor y
dar sentido a cada esfuerzo.*

*En cada desafío hallé Su fortaleza, en cada logro Su gracia, y en cada meta
cumplida la certeza de que nada es fruto del azar, sino de Su perfecta voluntad.*

*“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.”
(Filipenses 4:13)*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser la fuente de fortaleza, sabiduría y guía durante todo este proceso académico.

A mi papá y familia, por su apoyo, comprensión y motivación permanente, pilares fundamentales para alcanzar cada meta propuesta.

A mis amigos, por su compañía, ánimo y ayuda a lo largo de este camino, demostrando que el aprendizaje compartido fortalece no solo el conocimiento, sino también la amistad.

A la institución educativa que facilitó el desarrollo de esta investigación, por su disposición y colaboración en la recolección de datos.

A los docentes y tutores del programa de posgrado, por su orientación, compromiso y valiosos aportes metodológicos que enriquecieron este trabajo.

Finalmente, a todos aquellos que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo de este estudio, mi más sincero agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

1. Contenido

2. INTRODUCCIÓN	9
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	11
4. MARCO TEÓRICO.....	12
5. OBJETIVOS	13
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
6. METODOLOGÍA	14
6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO	14
6.2 POBLACIÓN OBJETIVO	14
6.2.1 Criterios de selección.....	14
6.3 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO.....	14
6.3.1 Cálculo del tamaño de muestra.....	14
6.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES	15
6.4.1 Variables.....	15
6.4.2 Cuadro operacional de las variables	15
6.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	20
6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
6.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	22
7. RESULTADOS.....	22
8. DISCUSIÓN	27
9. RECOMENDACIONES	29

10.	CONCLUSIONES	30
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
	ANEXOS	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencias y porcentajes del grupo étnico, edad y sexo 154

Tabla 2. comparación de los estadios de maduración cervical entre poblaciones afrodescendiente e indígena**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3. comparación de los estadios de maduración cervical entre poblaciones afrodescendiente e indígena**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. Relación entre edad y estadios de maduración cervical**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3. Distribución de los estadios de maduración cervical según el sexo . **¡Error! Marcador no definido.**

LISTA DE GRÁFICOS

Fig 1. Estadios de maduración ósea vertebral 21

Fig 2. Distribución porcentual de los estadios de maduración cervical según grupo étnico.....**¡Error! Marcador no definido.**

Fig 3. Comparación de los estadios de maduración cervical por edad **¡Error! Marcador no definido.**

Fig 4. Comparación de la distribución de estadios de maduración cervical entre mujeres y hombres.....**¡Error! Marcador no definido.**

GLOSARIO

Maduración ósea: Proceso biológico mediante el cual los huesos alcanzan su desarrollo estructural completo, reflejando el grado de crecimiento fisiológico de un individuo. (17)

Maduración vertebral cervical (MVC): Método radiográfico que evalúa los cambios morfológicos en las vértebras cervicales C2, C3 y C4 para determinar el grado de madurez esquelética y el momento del pico puberal (21).

Edad cronológica: Tiempo transcurrido desde el nacimiento del individuo (2).

Edad biológica: Medida del grado de desarrollo estructural y funcional de un individuo, determinada mediante indicadores de maduración ósea, dental o sexual (2).

Cefalograma lateral: Radiografía del cráneo en proyección lateral utilizada para evaluar las relaciones craneofaciales, la dirección del crecimiento y los estadios de maduración vertebral cervical. (17).

Crecimiento puberal: Etapa de aceleración máxima del crecimiento corporal y esquelético, regulada por cambios endocrinos que marcan la transición entre la niñez y la adolescencia.(13)

Pico de crecimiento puberal (PCP): Fase del desarrollo en la que se produce la máxima velocidad de crecimiento somático y mandibular, identificable entre los estadios CS3 y CS4 del método de Baccetti (21).

2. INTRODUCCIÓN

La maduración ósea constituye un indicador biológico más preciso del desarrollo que la edad cronológica, ya que refleja con mayor exactitud los procesos anatómicos y fisiológicos involucrados en el crecimiento (1)(2). Este parámetro es fundamental en ortodoncia y ortopedia maxilar, donde el éxito terapéutico depende de intervenir en el momento adecuado del desarrollo para aprovechar el potencial de crecimiento craneofacial (1)(3).

El conocimiento de los estadios de maduración esquelética permite planificar tratamientos interceptivos o funcionales de manera oportuna, optimizando la corrección de discrepancias dento-esqueléticas en los tres planos del espacio. La edad cronológica, aunque de fácil registro, no debe ser considerada un indicador confiable del pico puberal, debido a la influencia de factores genéticos, ambientales y nutricionales sobre el ritmo de crecimiento (3)(4).

Entre los métodos disponibles para evaluar la madurez esquelética, el análisis de las vértebras cervicales (CVM) se ha consolidado como una alternativa válida al método de mano-muñeca. El CVM permite estimar el estadio de desarrollo mediante radiografías cefálicas laterales ya disponibles en la práctica ortodóncica, evitando exposición adicional a radiación y mostrando una alta correlación con los métodos carpales tradicionales (5)(6)(10). Además, estudios recientes han confirmado su fiabilidad y aplicabilidad mediante análisis morfológicos y técnicas de aprendizaje profundo (8)(9).

Dado que el crecimiento y maduración pueden variar significativamente entre grupos étnicos, resulta relevante establecer parámetros de referencia específicos para cada población. En Colombia, donde confluyen ascendencias europea, afrodescendiente y amerindia, comprender cómo estas diferencias genéticas influyen en el ritmo de maduración ósea permitirá mejorar la precisión diagnóstica y la planificación ortodóncica individualizada (2)(4).

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La maduración biológica es un proceso que se caracteriza por presentar cambios a nivel anatómico, fisiológicos, hormonales, genéticos; estado que cesa una vez se alcanza el estado de adultez y es diferente para cada individuo pues depende de diversos factores locales y ambientales que pueden influir (1) La maduración ósea es un indicador más preciso del desarrollo general del individuo que la edad cronológica. (2)

Varios autores han intentado determinar los mejores indicadores del grado de madurez. Características de la maduración sexual, la edad cronológica, el desarrollo dental, la altura, el peso, el desarrollo esquelético y el desarrollo vertebral son algunos de los parámetros que se han utilizado para identificar la etapa de crecimiento (3)

El conocer los estadios de maduración ósea es de gran importancia para el área de ortodoncia y ortopedia maxilar pues nos permite identificar los periodos de crecimiento en donde podremos intervenir, para así lograr un tratamiento oportuno de las diferentes anomalías dentales, esqueléticas ya sea en el plano sagital, transversal o vertical (1)

El pico de crecimiento puberal (PCP) nos ayuda a establecer la etapa de máxima aceleración del crecimiento de un niño, y esta es variable ya que no todos los individuos la alcanzan a una misma edad. Por tal razón, la edad esquelética, o los estadios de maduración óseos, nos permiten unas medidas estándar para evaluar el desarrollo. (4)

Existen métodos para evaluar la madurez esquelética entre ellos el Carpograma ya que la mano posee un gran número de huesos y epífisis en desarrollo y por lo que resulta posible el seguimiento de los cambios a través de los años a medida que el individuo crece (4), existen limitaciones en la interpretación de la maduración esquelética a partir de radiografías de mano-muñeca, debido a la variabilidad y diferencias sexuales en la secuencia y momento de osificación. Además, el uso de radiografías de mano-muñeca implica exposición adicional a radiación (5), sin embargo, ha sido posible determinar esta maduración mediante la radiografía lateral de cráneo (1) los resultados de un metaanálisis que habla sobre que tan efectivo es evaluar la maduración esquelética mediante las vértebras cervicales de (Cericatoet, at), mostraron que todos los artículos seleccionados presentaban una correlación positiva entre la evaluación de la maduración esquelética realizada por los métodos de las vértebras cervicales y el carpo (6)

La maduración vertebral es un proceso biológico que se refiere al desarrollo y crecimiento de las vértebras en la columna vertebral a lo largo del tiempo. Este proceso es fundamental en el contexto del desarrollo esquelético y está relacionado con la edad cronológica y el crecimiento físico de un individuo. (7)

Se han propuesto varios métodos para determinar los estadios de maduración cervical. Un estudio evaluó un método objetivo que utilizaba mediciones lineales y angulares y ratios para determinar los estadios de maduración vertebral cervical (MVC) (8) otro estudio utilizó métodos de aprendizaje profundo para lograr una clasificación continua de las etapas de MVC y evaluar la madurez esquelética, logrando resultados de alta correlación (9) La comparación de CVM con el método de radiografía mano-muñeca (HWR) de Fishman no mostró diferencias estadísticamente significativas en la evaluación del estado de crecimiento esquelético, lo que sugiere que CVM puede utilizarse como alternativa a HWR sin radiación adicional (10)

Durante la infancia y la adolescencia, las vértebras experimentan cambios específicos en su estructura y composición. El proceso de osificación, que implica la formación de hueso a partir de tejido cartilaginoso, es un aspecto crucial de la maduración vertebral. La secuencia de osificación y cierre de las placas de crecimiento en las vértebras sigue un patrón predecible, lo que permite a los profesionales de la salud estimar la edad esquelética de un individuo. (11)

La evaluación de la maduración vertebral es particularmente relevante en situaciones clínicas como la determinación de la edad ósea en niños con retraso en el crecimiento, en la planificación de tratamientos ortopédicos y en la identificación de posibles desviaciones en el desarrollo esquelético (12)

La efectividad óptima en el uso de aparatos ortodónticos u ortopédicos está asociada con la maduración esquelética. Los aparatos funcionales son más efectivos cuando se usan en el pico del crecimiento mandibular. Sin embargo, debido a la alta variabilidad en el crecimiento, esta asociación puede no ser predictiva para cada paciente. (13) Autores refieren que hay tratamientos interceptivos que deben realizarse en una etapa temprana, como durante la fase de crecimiento prepuberal, mientras que otros, como la maloclusión de Clase II esquelética, deben tratarse en una etapa posterior, durante la pubertad.(14)

Ya que es importante determinar la maduración ósea para intervenir a tiempo y dado a que Colombia es un país con una población compuesta por la unión de tres tipos de ascendencias (europea, afrodescendiente y amerindia) y que cada región tiene una estructura poblacional propia, es importante establecer como estos grados de mezcla cambia el ritmo de maduración en los niños en crecimiento. (4)

3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias entre en afrodescendientes e indígenas en la maduración ósea?

4. MARCO TEÓRICO

El estado de maduración cervical es un factor importante en ortodoncia para determinar el momento oportuno para el tratamiento. El crecimiento y desarrollo de los seres humanos no es uniforme, sino que tiene períodos de aceleración y desaceleración (3)

Las maloclusiones ocupan el tercer lugar en prevalencia de problemas de salud bucodental, según la OMS. En ortopedia, es crucial entender la relación entre la edad cronológica y la maduración ósea para diagnosticar y tratar adecuadamente. Se han desarrollado varios métodos para evaluar la maduración, incluido el método de maduración vertebral cervical (MVC). El método CVM utiliza cefalogramas laterales para determinar la etapa de maduración del esqueleto craneofacial (15)(16) (17)

El método de MCV puede utilizarse como herramienta fiable para determinar la madurez esquelética y orientar el tratamiento ortopédico. En general, la evaluación de la maduración cervical desempeña un papel crucial en ortodoncia para determinar el momento oportuno para el tratamiento y evaluar el crecimiento y el desarrollo (18) La edad cronológica del paciente es el indicador más fácil de registrar, pero no debe utilizarse como único predictor del pico puberal, ya que este también está influenciado por factores genéticos, medioambientales y el estado de peso (nutricional). Los indicadores más comúnmente utilizados de la madurez esquelética individual son el aumento en la altura, la maduración esquelética de la mano y muñeca, y el método de maduración de las vértebras cervicales (19)

Usar las vértebras cervicales como método para valorar la maduración ósea en radiografías cefálicas laterales fue empleado inicialmente en 1972 por Lamparski; y aunque existen 4 métodos para el análisis de maduración de vértebras cervicales; este fue el más eficaz para determinar la edad esquelética en niños. Implementado en un estudio desarrollado en la Escuela Medicina Dental de la Universidad de Pittsburg donde se estableció una clasificación basada en los cambios que se observan en las vértebras cervicales. (1) (18)

El método se basa en los cambios morfológicos en los cuerpos de las vértebras cervicales (de la segunda a la sexta vértebra cervical) dando como resultado 6 estadios a ser evaluados mediante la radiografía lateral de cráneo: estadio cervical 1 (CS1), estadio cervical 2 (CS2), estadio cervical 3 (CS3), estadio cervical 4 (CS4), estadio cervical 5 (CS5), estadio cervical 6 (CS6). (20)

Lampaski identificó y utilizó características morfológicas que presentaban las vértebras en cada uno de los períodos estudiados, con esto consiguió crear un "Atlas descriptivo de radiografías estándares" y comparado con radiografías de cárpales, se llegó a la conclusión que este es un método fiable (20)

Baccetti et al. (2005), realizaron un análisis de la maduración vertebral cervical (CVM) método basado en el análisis de la segunda a cuarta vértebras cervicales en

un solo cefalograma. Fueron observadas la morfología de los órganos de la segunda (C2), tercera (C3) y cuarta (C4) vértebras cervicales en individuos sin tratamiento de ortodoncia.

El método CVM se compone de seis etapas de maduración (fase cervical 1 a través del cuello a la etapa 6, es decir, a través de CS1-CS6). CS1 y CS2 son etapas prepico; el pico en el crecimiento mandibular ocurre entre CS3 y CS4. CS6 se registra por lo menos 2 años después del pico. El uso del método CVM permite identificar el momento óptimo para el tratamiento de una serie de desarmonías dento-esqueléticas en los tres planos del espacio (Baccetti et al.).

Las ventajas de determinar la maduración ósea con las vértebras cervicales es que se puede utilizar la radiografía lateral por lo tanto no se expone al paciente a más radiación, pero la mayoría de los estudios realizados, están basados en poblaciones caucásicas, cuyas características esqueléticas, morfológicas difieren de nuestra población por lo cual es conveniente aplicar estos métodos en población colombiana.

En un estudio realizado en poblaciones indígenas y afrodescendientes de Colombia, donde se realizó un análisis de maduración ósea carpal, se encontró que los afrodescendientes tienen a presentar un desarrollo óseo más alto que los indígenas. (2)

Por esta razón esta investigación se centrará en responder la pregunta ¿diferencias en la maduración ósea en afrodescendientes e indígenas de 8 a 9 años en una institución educativa del municipio de Villarica?

Esta vez se realizará mediante el análisis de maduración vertebral y esto nos ayudará a comparar los diferentes métodos de evaluación de maduración ósea y además podremos determinar las características propias de cada grupo población, todo esto con el fin de aportar a la recopilación de medidas encontradas en estudios pasados, tanto en Colombia como en América Latina ya que nos ayudará a ser más eficientes a la hora de realizar un plan de tratamiento.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Describir la maduración vertebral en una población afrodescendiente e indígena entre los 8-10 años

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir la maduración vertebral en una población afrodescendiente entre 8-10 años
2. Describir la maduración vertebral en una población indígena entre 8-10 años
3. Comparar patrones de crecimiento entre las dos etnias según análisis radiográfico

6. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio observacional de corte transversal, en el que se determinó la maduración vertebral trazando las vértebras cervicales en proyecciones radiográficas laterales de cráneo.

6.2 POBLACIÓN OBJETIVO

Niños entre edades de 8 y 10 años, de ascendencia afrodescendiente de Villa Rica (Cauca) y niños de la comunidad Ticuna, ubicada en Leticia (Amazonas).

6.2.1 Criterios de selección

6.2.1.1 Criterios de inclusión.

- Imágenes radiográficas pertenecientes a estudios previos en niños y niñas afrodescendientes de la Institución educativa técnico Senon Fabio Villegas de Villa Rica Cauca, en buen estado
- Imágenes radiográficas pertenecientes a estudios previos niños y niñas de la comunidad Ticuna colegio Camilo Torres en buen estado

6.2.1.2 Criterios de exclusión.

- Imágenes en las que no se visualicen los cuerpos de las vértebras cervicales

6.3 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO

6.3.1 Cálculo del tamaño de muestra.

Hipótesis:

La Hipótesis para este estudio fue la siguiente:

Hipótesis Nula: No existen diferencias estadísticamente significativas en los estadios de maduración ósea vertebral entre los niños afrodescendientes e indígenas de 8 a 10 años, según el análisis de vértebras cervicales.

Hipótesis Alterna: Existen diferencias estadísticamente significativas en los estadios de maduración ósea vertebral entre los niños afrodescendientes e indígenas de 8 a 10 años, según el análisis de vértebras cervicales.

Tamaño de muestra:

58 imágenes radiográficas pertenecientes a los estudios previos realizados en Leticia Amazonas 2017 y Villarica Cauca 2023

6.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES

6.4.1 Variables.

Grupo étnico, Edad, Sexo, Estadio de maduración vertebral

6.4.2 Cuadro operacional de las variables

Definición operacional de las variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición	Valores posibles	Fuente
Grupo étnico	conjunto de personas que comparten rasgos culturales, idioma, religión,	Cualitativa	Categoría Nominal	Afrodescendiente Indígena	Registro de CICO

Edad	Número de años cumplidos al momento del estudio	Cuantitativa	Numerica de razón discreta	8... 10	Registro de CICO
Sexo	Determinación biológica entre masculino y femenino	Cualitativa	nominal	Hombre Mujer	Registro de CICO
Estadio de maduración vertebral	Descripción del tamaño y forma de la vertebral	Cualitativa	Ordinal	<u>CS1:</u> (iniciación) , Las vértebras tienen forma de cuña, con bordes superiores que se adelgazan desde posterior hacia anterior. Los bordes inferiores de todos los cuerpos vertebrales cervicales son	Radiografía lateral de cráneo

				planos. <u>CS2:</u>(aceleración), Los bordes cervicales de C2 y C3 desarrollan concavidades inferiores, Los cuerpos cervicales de C3 y C4 son prácticamente rectangulares, el borde inferior de C4 es plano, la altura anterior de los cuerpos cervicales aumenta. <u>CS3:</u> (transición	
--	--	--	--	--	--

				), se desarrolla n concavidades en C2yC3, se inicia el desarrollo de la concavidad en el borde inferior de C4, los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son rectangulares. <u>CS4:</u> (desaceleración), Se observan claras concavidades en los bordes inferiores de C2, C3 y C4 con los cuerpos vertebrales de C3 y	
--	--	--	--	---	--

				C4 casi cuadrados , Los cuerpos de todas las vértebras cervicales son rectangulares. <u>CS5:</u> (maduración), Se observan concavidades acentuadas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, y los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son prácticamente cuadrados , las concavidades se observan	
--	--	--	--	--	--

				bien definidas en todos los bordes inferiores de las vértebras cervicales. <u>CS6:</u> (finalización), Se observan concavidades profundas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, los cuerpos vertebrales presentan una dimensión más vertical que horizontal.	
--	--	--	--	---	--

6.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La valoración de la maduración vertebral:

Las primeras siete vértebras de la columna espinal constituyen la columna cervical. Las primeras dos vértebras, el atlas y el axis presentan características únicas y muy particulares respecto a las siguientes las cuales comparten su anatomía principal. El método de determinación de madurez esqueletal fue propuesto inicialmente por Lamparski (Hassel & Farman) y luego modificado por Hassel & Farman. Se establecen 6 etapas (Figura 1).

Etapas 1. (iniciación): Las vértebras tienen forma de cuña, con bordes superiores que se adelgazan desde posterior hacia anterior. Los bordes inferiores de todos los cuerpos vertebrales cervicales son planos.

Etapas 2. (aceleración): Los bordes cervicales de C2 y C3 desarrollan concavidades inferiores, Los cuerpos cervicales de C3 y C4 son prácticamente rectangulares, el borde inferior de C4 es plano, la altura anterior de los cuerpos cervicales aumenta.

Etapas 3. (transición): se desarrollan concavidades en C2yC3, se inicia el desarrollo de la concavidad en el borde inferior de C4, los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son rectangulares.

Etapas 4 (desaceleración): Se observan claras concavidades en los bordes inferiores de C2, C3 y C4 con los cuerpos vertebrales de C3 y C4 casi cuadrados, Los cuerpos de todas las vértebras cervicales son rectangulares.

Etapas 5. (maduración): Se observan concavidades acentuadas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, y los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son prácticamente cuadrados, las concavidades se observan bien definidas en todos los bordes inferiores de las vértebras cervicales.

Etapas 6. (finalización): Se observan concavidades profundas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4, los cuerpos vertebrales presentan una dimensión más vertical que horizontal.

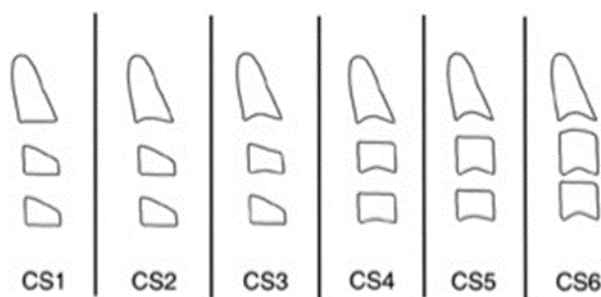


Figura 1. Estadios de maduración ósea vertebral. Tomado de Baccetti et al. *Seminars in Orthodontics*, Volume 11, Issue 3, September 2005.

Para determinar concordancia en el diagnóstico de maduración vertebral, se estableció Kappa ponderado ≥ 0.8 interobservador con el estándar de oro, e intraobservador.

6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los datos se realizó en el programa estadístico IBM SPSS 25 para Windows. De acuerdo con los objetivos planteados para describir los estadios de maduración mediante las vértebras cervicales de los niños indígenas y afrodescendientes radiográfico se utilizarán medidas de tendencia central y dispersión para las variables numéricas y el cálculo de frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas.

Para identificar diferencias en las medidas entre las etnias se utilizarán pruebas t-student o MannWhitney según el cumplimiento de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas; para dicha verificación se usarán las pruebas de ShapiroWilk y Barlett, en su orden. Los estadios de maduración se contrastarán mediante la prueba de MannWhitney. El nivel de confianza fue de 95% y de significancia del 5%.

6.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Según lo estipulado en la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud y en la Ley 84 de 1989, este proyecto se catalogará como “Sin riesgo”, ya que involucra el uso de radiografías obtenidas en estudios previos y que reposan como archivo en Centro de Investigación del Colegio Odontológico, Cali.

Las investigaciones previas fueron avaladas por el comité de ética institucional y el aval será refrendado para la presente investigación ya que se establecen nuevos objetivos que requieren el uso de las imágenes de archivo mencionadas.

La información recopilada de cada individuo se mantendrá en absoluta confidencialidad, en conformidad con el artículo 8 (Título II, capítulo 1), y solo se utilizará con propósitos científicos.

Se emplearán códigos en lugar de nombres propios, asegurando así la confidencialidad y privacidad de los participantes.

7. RESULTADOS

Se incluyó un total de 91 participantes, de los cuales 38 (%) hacían parte de la muestra de afrodescendientes y 53 (%) a indígenas. La distribución por grupos muestra que el 30.8% de la muestra corresponde a la edad de 8 años, 38.5% a 9 años, y el 30.8% a 10 años, mostrando que no hay diferencias entre los grupos étnicos

En la variable sexo 49 de los participantes fueron mujeres (%) y 42 hombres (%), observándose una leve predominancia femenina, mostrando que no hay diferencias entre los grupos étnicos

Tabla 1. Frecuencias y porcentajes del grupo étnico, edad y sexo

		n	%
Población	Afrodescendiente	38	41,8%
	Indígenas	53	58,2%
Edad	8	28	30,8%
	9	35	38,5%
	10	28	30,8%
Sexo	Mujer	49	53,8%
	Hombre	42	46,2%

Respecto a los estadios de maduración cervical el 45.1% de los participantes se encontraban en el estadio 1, el 40,7% en el estadio 2, el 13,2% en el estadio 3, y solo el 1,1% en estadio 4. La mayoría de la población tanto indígenas como afrodescendientes pertenecen al estadio 1 y 2.

La mayoría de la población afrodescendiente se encuentra en el estadio 1 (52,6%) mientras que la población indígena en el estadio 2 (45,3%), ambas poblaciones tuvieron un mismo porcentaje en el estadio 3 (13,2%) y solo se halló una persona en estadio 4 que pertenecía a la población indígena (1.9%)

Aunque se encontró una mayor frecuencia de estadio 1 en afrodescendientes y de estadio 2 en indígenas, la comparación de los 2 grupos no mostro una diferencia estadísticamente significativa ($p= 0,529$).

Tabla 2: comparación de los estadios de maduración cervical entre poblaciones afrodescendiente e indígena

		Población				
		Afrodescendiente		Indígenas		
		n	%	n	%	p
Estadio	1	20	52,6%	21	39,6%	0,529
	2	13	34,2%	24	45,3%	
	3	5	13,2%	7	13,2%	
	4	0	0,0%	1	1,9%	

En el grafico 1 se encuentra que en el estadio 1 los afrodescendientes presentan mayor proporción que los indígenas, en el estadio 2 la situación es contraria, los indígenas presentan una mayor proporción, en el estadio 3 las proporciones son

similares y en el 4 hay un pequeño porcentaje de indígenas pero ninguno de afrodescendientes.

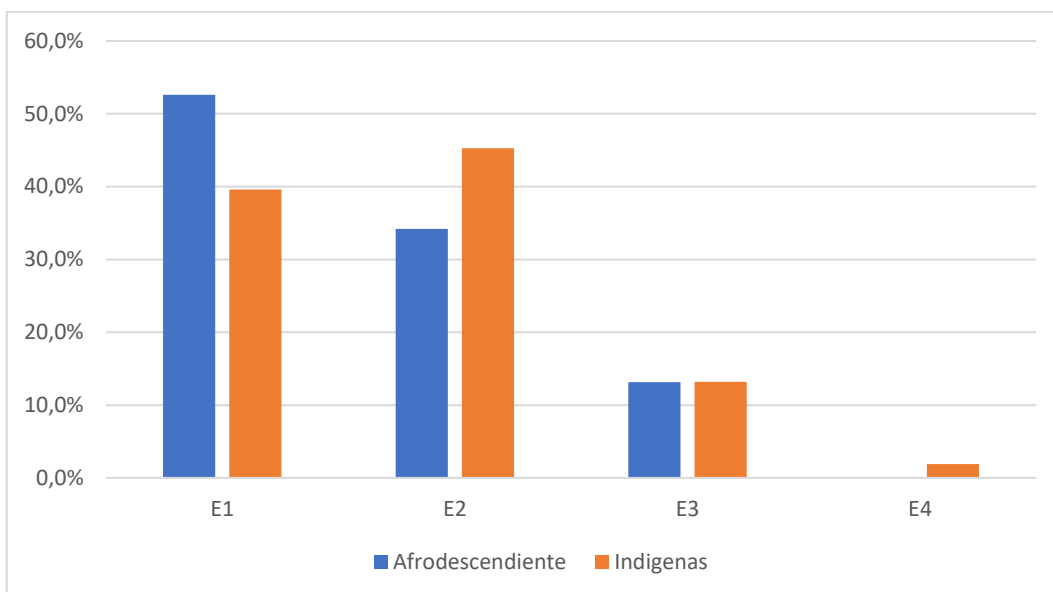


Fig2. Distribución porcentual de los estadios de maduración cervical según grupo étnico

Al hacer la comparación por grupos de edad con los estadios de maduración cervical, se evidencia una relación estadísticamente significativa ($p=0.035$). En el grupo de 8 años los niños se encontraban estadios 1 (53.6%) y 2 (46.4%), a medida que aumenta la edad así mismo avanza el estadio de maduración cervical, en el grupo de 9 años el (14.3%) se encontraba en estadio 3, mientras que el grupo de 10 años (25%) en el estadio 3 y (3,6%) en el estadio 4. Hay una tendencia a que los niños de mayor edad presenten estadios más avanzados.

Tabla 3. Relación entre edad y estadios de maduración cervical

		Edad						
		8		9		10		
		n	%	n	%	n	%	p
Estadio	1	15	53,6%	15	42,9%	11	39,3%	0.035
	2	13	46,4%	15	42,9%	9	32,1%	
	3	0	0,0%	5	14,3%	7	25,0%	
	4	0	0,0%	0	0,0%	1	3,6%	

Se observó que la mayoría de los niños de 8 años se encontraba en los estadios iniciales el 53.6% en el estadio 1 y el 46,4% en el 2; una tendencia similar se evidencio en los niños de 9 años, con el 43.5% en el estadio 1 y el 43.5% en el estadio 2, sin embargo, un 13,0% ya presentaba un estadio 3. Los niños de 10

años se evidencio una tendencia hacia los estadios de maduración más avanzados en los niños de 10 años

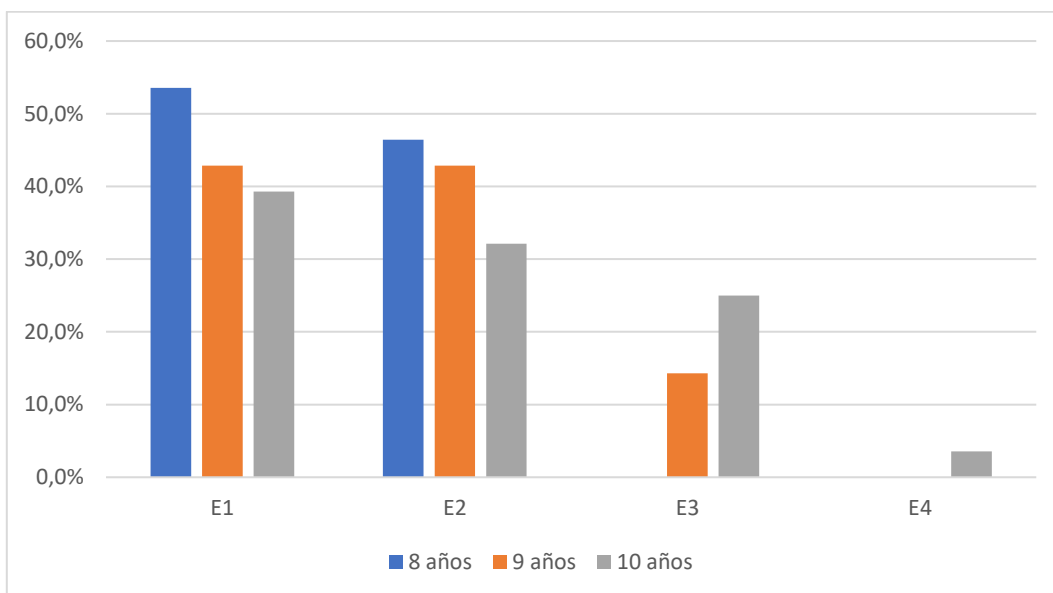


Fig3. Comparación de los estadios de maduración cervical por edad

Con respecto a los estadios de maduración cervical y el sexo se encuentra que la distribución fue similar entre hombres y mujeres. En los estadios 1 y 2 se observaron proporciones comparables entre ambos sexos, el 40.8% de las mujeres se encontraba en el estadio 1 y el 40.8% en el 2, mientras que en los hombres estas proporciones fueron del 50.0% y 40.5%. En los estadios más avanzados se registró una mayor proporción de mujeres, en comparación con los hombres, sin embargo, no hubo una diferencia significativa.

Tabla 4. Distribución de los estadios de maduración cervical según el sexo

		Sexo				
		Mujer		Hombre		
		n	%	n	%	p
Estadio	1	20	40,8%	21	50,0%	0,557
	2	20	40,8%	17	40,5%	
	3	8	16,3%	4	9,5%	
	4	1	2,0%	0	0,0%	

El análisis de distribución de los estadios de maduración cervical por sexo evidencio patrones similares en los estadios iniciales; en el estadio 1 se

encontraban el 40,8% de las mujeres y el 50,0% de los hombres, en el estadio 2 el 40,8% de las mujeres y el 40,5% de los hombres. En estadios el estadio 3 hubo una mayor proporción de las mujeres 16,3% en comparación de los hombres 9,5% mientras que en el estadio 4 solo se ubicaron mujeres 2,0%

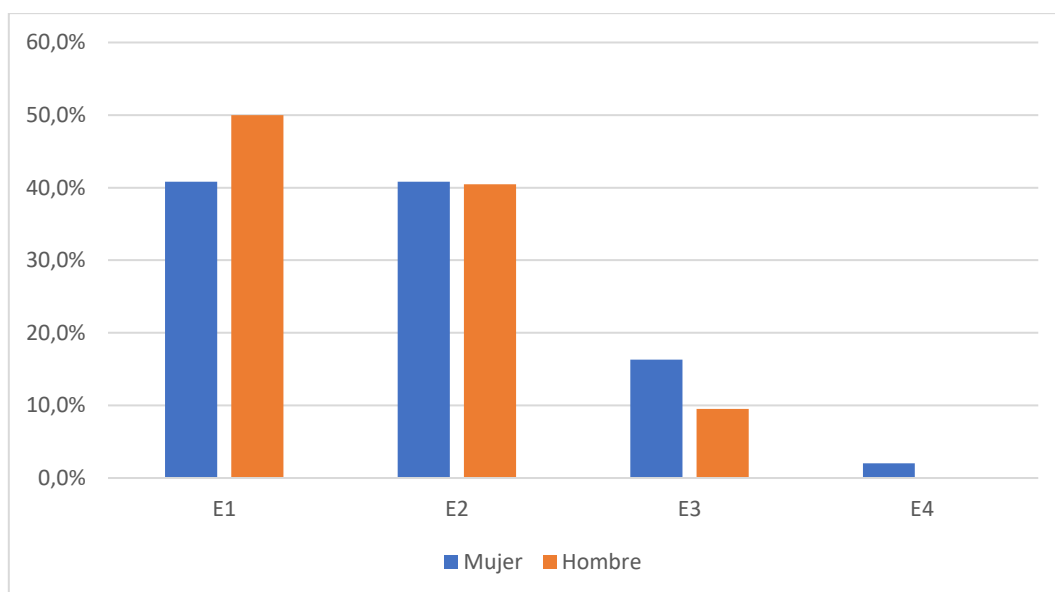


Fig4. Comparación de la distribución de estadios de maduración cervical entre mujeres y hombres

8. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio evidencian que la mayoría de los niños afrodescendientes e indígenas colombianos entre los 8 y 10 años se ubicaron en los estadios CS1 y CS2 de maduración vertebral cervical, lo que coincide con los hallazgos descritos por Baccetti et al. (2005) en población caucásica norteamericana, donde los estadios iniciales fueron representativos de la fase prepuberal del crecimiento mandibular. Esta similitud sugiere que, a pesar de las diferencias étnicas y ambientales entre poblaciones, la secuencia morfológica del desarrollo vertebral sigue un patrón biológico universal, sustentando la aplicabilidad del método de Baccetti en diversas regiones y grupos étnicos (17)(21).

La revisión sistemática "Efficacy of the Cervical Vertebral Maturation Method" respalda estos resultados al reportar que más del 80% de los individuos evaluados en edades prepuberales se encuentran en CS1 y CS2, considerándolos fases prepico del crecimiento mandibular. Sin embargo, en la presente investigación se observaron casos en estadios más avanzados (CS3: 6,3%; CS4: 0,7 %) dentro del mismo rango etario, lo cual podría reflejar una mayor variabilidad interindividual en el inicio del crecimiento puberal. Dicha variabilidad puede estar modulada por factores genéticos, nutricionales y ambientales propios del contexto colombiano, lo que coincide con lo reportado por Sierra-Castillejos y Barradas-Viveros (2024), quienes destacaron que las diferencias en la expresión del crecimiento son atribuibles a la interacción multifactorial entre la herencia y el entorno (17) (22).

Los hallazgos de Flores-Mir et al. (2006) también aportan evidencia complementaria al demostrar una correlación positiva ($r = 0,72$) entre los métodos de maduración de Fishman (carpal) y de vértebras cervicales, lo que confirma la validez diagnóstica del CVM como alternativa fiable sin requerir radiografías adicionales. Esta correlación moderadamente alta respalda el uso clínico del método en estudios poblacionales, aunque los autores señalan que las variaciones individuales en la maduración pueden limitar su aplicabilidad para predicciones de crecimiento a nivel individual. En el presente estudio, la observación de individuos en estadios CS3 y CS4 en edades tempranas podría reflejar justamente esta heterogeneidad biológica. (13).

Por otra parte, Reverte-Salazar et al. (2019) encontraron una correlación del 72% entre la edad cronológica y la maduración vertebral, y del 66% entre la edad dental y la maduración ósea, evidenciando que la edad cronológica por sí sola no es un indicador preciso del desarrollo biológico. Estos resultados coinciden con los de nuestra investigación, donde la edad cronológica no mostró diferencias estadísticamente significativas entre grupos étnicos, pero sí una amplia dispersión

interindividual en los estadios de maduración. Tal concordancia refuerza el valor del análisis vertebral como herramienta diagnóstica más sensible para estimar la edad biológica que los indicadores cronológicos convencionales (2).

Entre las fortalezas del estudio se destaca la inclusión de dos grupos étnicos representativos de la diversidad genética colombiana, lo cual aporta información valiosa para establecer patrones normativos locales. Además, la utilización del método de Baccetti ampliamente validado internacionalmente permite la comparación directa con otras poblaciones y minimiza el riesgo de exposición radiográfica adicional. No obstante, entre las debilidades se reconoce el tamaño muestral limitado y el diseño transversal, que restringen la inferencia causal y la evaluación longitudinal del crecimiento.

Finalmente, los resultados obtenidos coinciden con la literatura internacional al confirmar que la maduración vertebral cervical progresa siguiendo una secuencia estable, aunque influenciada por la variabilidad Individual y los factores contextuales. La similitud en los patrones de maduración entre afrodescendientes e indígenas colombianos y otras poblaciones apoya la validez externa del método CVM, pero también plantea la necesidad de estudios longitudinales y multicéntricos que permitan establecer estándares propios de referencia para Latinoamérica.

9. RECOMENDACIONES

Futuras investigaciones deberían considerar muestras más amplias y representativas que incluyan distintos grupos étnicos del país, a fin de fortalecer la validez externa y obtener parámetros de referencia propios. Es recomendable emplear diseños longitudinales que permitan observar la evolución real de la maduración vertebral y su relación con el crecimiento craneofacial, así como estandarizar los criterios radiográficos y la calibración de los observadores para mejorar la validez interna. Además, la incorporación de herramientas digitales y modelos de inteligencia artificial podría optimizar la precisión diagnóstica y reducir la variabilidad interexaminador. Finalmente, la comparación con otros indicadores biológicos-como la maduración carpal y dental contribuiría a validar la aplicabilidad del método de vértebras cervicales en poblaciones latinoamericanas y a perfeccionar la planificación ortopédica y ortodóncica basada en el crecimiento

10. CONCLUSIONES

1. La mayoría de los niños afrodescendientes e indígenas colombianos de 8 a 10 años se ubicaron en los estadios iniciales de maduración vertebral cervical (CS1 y CS2), lo que confirma que en esta etapa del desarrollo predominan las fases pre-pico del crecimiento mandibular.
2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos étnicos estudiados, lo que sugiere un patrón de maduración ósea comparable entre poblaciones afrodescendientes e indígenas dentro del rango etario analizado.
3. La identificación de un porcentaje menor de individuos en estadios más avanzados (CS3 y CS4) dentro de la misma franja de edad evidencia la existencia de variabilidad interindividual en el inicio del pico puberal, posiblemente modulada por factores genéticos, ambientales o nutricionales propios del contexto colombiano.
4. Estos hallazgos, en concordancia parcial con la literatura internacional, subrayan la importancia de validar y establecer tablas de referencia específicas para la población latinoamericana, con el fin de optimizar la precisión diagnóstica y la planificación del tratamiento ortodóncico y ortopédico en nuestro medio

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Al Servicio, C. E., Pueblo, D., & De Odontología, C. (s/f). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA. Edu.ec. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/14375/1/CAPITULO%20DE%20LIBRO%20ANTON%20GOMEZ%20JUAN.pdf>
2. Reverte-Salazar, María Guadalupe, Rosales-Berber, Miguel Ángel, Pozos-Guillén, Amaury de Jesús, Garrocho-Rangel, José Arturo, Torre-Delgadillo, Adriana, & Esparza-Villalpando, Vicente. (2019). Correlación entre la Edad Cronológica y Dental con los Estadios de Maduración Vertebral en Pacientes de 5 a 15 Años. *International Journal of Morphology*, 37(2), 548-553. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022019000200548>
3. San Román, P., Palma, J. C., Oteo, M. D., & Nevado, E. (2002). Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *European journal of orthodontics*, 24(3), 303–311. <https://doi.org/10.1093/ejo/24.3.303>
4. Antonio Bedoya Julio César Osorio Julián Andrés Tamayo. (2013). <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/01/877734/3-bedoya-maduracion-osea-bjork.pdf>. *Estomatología y salud*, 21(2), 7.
5. Santiago, R. C., de Miranda Costa, L. F., Vitral, R. W., Fraga, M. R., Bolognese, A. M., & Maia, L. C. (2012). Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *The Angle orthodontist*, 82(6), 1123–1131. <https://doi.org/10.2319/103111-673.1>
6. Cericato, G. O., Bittencourt, M. A., & Paranhos, L. R. (2015). Validity of the assessment method of skeletal maturation by cervical vertebrae: a systematic review and meta-analysis. *Dento maxillo facial radiology*, 44(4), 20140270. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140270>
7. Greulich, W. W., & Pyle, S. I. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. Stanford University Press.
8. (2023). Cervical Vertebral Maturation: An Objective Staging System. doi: 10.21203/rs.3.rs-2768705/v1
9. Olivia, Piona, Sahelangi. (2023). Penilaian Maturasi Tulang Vertebra Servikalis dan Maturasi Gigi pada Pasien Ortodonti Usia 9-11 tahun di RSGM-P FKG USAKTI. *Jurnal Kedokteran Gigi Terpadu*, 5(1) doi: 10.25105/jkgt.v5i1.16884
10. (2023). A Novel Continuous Classification System for the Cervical Vertebrae Maturation (CVM) Stages Using Convolutional Neural Networks. doi: 10.21203/rs.3.rs-2954041/v1
11. Martin, D. D., Neuhof, J., Jenni, O. G., Ranke, M. B., & Thodberg, H. H. (2014). Validation of bone age methods by their ability to predict adult height. *Hormone Research in Paediatrics*, 81(1), 7-13.
12. Merzoug, V., Gabet, Y., & Merzoug, S. (2019). Advances in imaging bone marrow: a review. *F1000Research*, 8, F1000 Faculty Rev-2038.

13. Flores-Mir, C., Burgess, C. A., Champney, M., Jensen, R. J., Pitcher, M. R., & Major, P. W. (2006). Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *The Angle orthodontist*, 76(1), 1–5. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2006\)076\[0001:COSMSD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2006)076[0001:COSMSD]2.0.CO;2)
14. Perinetti, G., Braga, C., Contardo, L., & Primožic, J. (2020). Cervical vertebral maturation: Are postpubertal stages attained in all subjects?. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 157(3), 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.03.026>
15. Ni, Liao., Jian, Dai., Qiaoyong, Zhong., Shuixue, Mo. (2022). iCVM: An Interpretable Deep Learning Model for CVM Assessment Under Label Uncertainty. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 26:4325-4334. doi: 10.1109/JBHI.2022.3179619
16. Masrour, Makaremi., Camille, Lacaule., Ali, Mohammad-Djafari. (2020). Determination of the Cervical Vertebra Maturation Degree from Lateral Radiography. 33(1):30-. doi: 10.3390/PROCEEDINGS2019033030
17. Sierra Castillejos, E., & Barradas Viveros, J. R. (2024). Estudio de correlación entre edad cronológica y maduración ósea en vértebras cervicales. *UVserva*, (17), 158–174. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2961>
18. James, A., McNamara., Lorenzo, Franchi. (2018). The cervical vertebral maturation method: A user's guide.. *Angle Orthodontist*, 88(2):133-143. doi: 10.2319/111517-787.1
19. Franchi, L., Nieri, M., Lomonaco, I., McNamara, J. A., & Giuntini, V. (2021). Predicting the mandibular growth spurt. *The Angle orthodontist*, 91(3), 307–312. <https://doi.org/10.2319/080220-676.1>
20. Alvarado-Torres, Emerik, Gutiérrez-Rojo, Jaime Fabián, & Rojas-García, Alma Rosa. (2016). Comparación de la Maduración Ósea de Vértebras Cervicales Utilizando los Métodos de Baccetti y Lamparski en Pacientes de 8 a 15 Años. *International journal of odontostomatology*, 10(1), 63-67. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X201600010001136>.
21. Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara, J. A., Jr. (2005). The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminars in Orthodontics*, 11(3), 119–129. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2005.04.005>
22. Lucchese, A., Bondemark, L., Farronato, M., Rubini, G., Gherlone, E. F., Lo Giudice, A., & Manuelli, M. (2022). Efficacy of the cervical vertebral maturation method: A systematic review. *Turkish Journal of Orthodontics*, 35(1), 55–66. <https://doi.org/10.5152/TurkJOrthod.2022.21003>

ANEXOS