



Facultad de Ciencias de la Salud

Posgrado de Odontología

Tema:

Relación del índice de maduración cérvico vertebral con la edad cronológica del paciente, mediante el uso de tomografía computarizada cone beam, en población ecuatoriana.

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA.

Presentado por:

Sylvia Priscila Naula Lema

Tutor:

Dr. Stalin Tamami

Quito, febrero de 2026

Resumen

La evaluación de la maduración esquelética es un aspecto fundamental en la planificación de tratamientos ortodóncicos y ortopédicos, ya que el éxito terapéutico depende en gran medida del momento biológico en el que se interviene. Por esta razón el Índice de Maduración Cérvico-Vertebral (IMCV) constituye una herramienta útil para estimar el estado de crecimiento del paciente a partir de los cambios morfológicos de las vértebras cervicales. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la correlación entre el índice de maduración cérico-vertebral cuantitativo propuesto por Chen y la edad cronológica del paciente, mediante el uso de tomografía computarizada Cone Beam (CBCT), en una población ecuatoriana en crecimiento.

Se realizó un estudio comparativo, observacional y transversal, con una muestra de 60 tomografías Cone Beam pertenecientes al banco de imágenes del posgrado de Ortodoncia de la Universidad de los Hemisferios. La muestra incluyó pacientes de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 7 y 17 años, que cumplían con criterios estrictos de inclusión y exclusión. Las vértebras cervicales C2, C3 y C4 fueron evaluadas en vista sagital, realizando mediciones angulares y lineales necesarias para aplicar la ecuación cuantitativa de Chen, clasificando a los pacientes en cuatro estadios de maduración (QCVM I a QCVM IV). Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de correlación.

Los resultados evidenciaron un predominio de los estadios tempranos de maduración esquelética, siendo el QCVM I el más frecuente (43,3%), seguido del QCVM II (38,3%). La edad promedio de la muestra fue de aproximadamente 12 años, concordante con el periodo de crecimiento puberal activo. Se observó un mayor porcentaje de pacientes de sexo femenino en los estadios iniciales e intermedios, mientras que el estadio más avanzado presentó una frecuencia mínima. Estos hallazgos reflejan la variabilidad del crecimiento esquelético y

confirman que la edad cronológica, por sí sola, no es un indicador preciso del estado de maduración ósea.

El uso de CBCT permitió una visualización detallada de las estructuras vertebrales cervicales, facilitando la identificación de puntos anatómicos y mejorando la precisión del análisis cuantitativo. En conclusión, el índice de maduración cervico-vertebral cuantitativo según Chen, evaluado mediante CBCT, demostró ser un método confiable y útil para estimar la maduración esquelética y su relación con la edad cronológica en la población estudiada. Estos resultados resaltan la importancia de considerar la madurez biológica y el sexo del paciente en la determinación de la planificación terapéutica, ya que el análisis del estadio de maduración cervico-vertebral permite establecer la presencia o ausencia de crecimiento esquelético activo, factor clave para decidir la indicación de tratamientos ortopédicos cuando existe potencial de crecimiento, o de tratamientos ortodóncicos cuando dicho crecimiento es limitado o ha finalizado.

Palabras clave: índice de maduración cervico-vertebral, ecuación de Chen, maduración ósea, tomografía Cone Beam, crecimiento esquelético.

Declaración de aceptación de norma ética y derecho

El presente documento se rige a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.



Firmado electrónicamente por:
**SYLVIA PRISCILA
NAULA LEMA**

Nombre: Sylvia Priscila Naula Lema.

C.I: 1720229143

Dedicatoria

Primero, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. A Él agradezco por la vida, la salud y la sabiduría que me permitieron perseverar aun en los momentos difíciles.

A mi esposo, por su apoyo, comprensión y constante aliento a lo largo de este proceso.

A mis amados hijos, Andrés y Caleb, el motivo y la inspiración más pura de mi vida. Su amor incondicional y su fortaleza silenciosa me impulsaron a superar cada obstáculo que este proceso presentó. Aunque la distancia nos separó en muchos momentos, cada sacrificio estuvo lleno de propósito: construir para ustedes un futuro colmado de oportunidades y sueños realizados.

A mis queridos padres y hermanos, por su amor incondicional y por ser mi sostén fundamental, así como por el cuidado y acompañamiento brindado a mis hijos durante este camino.

A las Dras. Lorena y Angélica, por su valioso apoyo profesional al asumir con compromiso el trabajo en mi clínica mientras me dedicaba a esta formación académica.

A mi tutor, por su guía académica y aportes que permitieron fortalecer y culminar satisfactoriamente este trabajo de investigación.

Y a mí misma, por la determinación de no rendirme y transformar cada desafío en aprendizaje.

Este logro representa no solo una meta académica, sino un reflejo de la fe, el esfuerzo y el amor que hicieron posible este camino.

Índice

Resumen	9
Abstract.....	11
Introducción.....	13
Metodología.....	17
Resultados.....	27
Discusión	33
Conclusiones.....	36
Referencias	38

Índice de figuras

Figura 1. Posición de la cabeza paralela al plano de Frankfurt en vista 3D en CBCT	17
Figura 2. Cortes de referencia en C2: A) axial, B) sagital y C) coronal, apófisis odontoides	18
Figura 3. Líneas utilizadas en el cuerpo de las vértebras. Distancias horizontales WU, W, WL; H, distancia verticales HA, DA, DP, HP..	18
Figura 4. Todos los puntos en el análisis de los cuerpos vertebrales.....	20
Figura 5. Medición angular @2 en C2 (ejemplo QCVM I).....	21
Figura 6. Medición AH3/PH3 en C3	21
Figura 7. Medición H4/W4 en C4.....	22
Figura 8. Vista sagital: análisis completo C2–C4 según Chen (ejemplo paciente 12 años)..	22
Figura 9. Distribución porcentual de QCVM según sexo	30
Figura 10. Distribución de los periodos de maduración (QCVM I–IV)	30

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de estadios QCVVM según Chen y periodos de crecimiento.....	23
Tabla 2. Registro de medidas cuantitativas y clasificación QCVVM (muestra 60 CBCT).....	25
Tabla 3. Distribución QCVVM por sexo (n y %).	27
Tabla 4. Distribución QCVVM según sexo (porcentajes).	27
Tabla 5. Resultados totales por estadio QCVVM (n y %)	29
Tabla 6. Edad promedio por estadio QCVVM	29

**RELACIÓN DEL ÍNDICE DE MADURACIÓN CÉRVICO VERTEBRAL SEGÚN
CHEN CON LA EDAD CRONOLÓGICA DEL PACIENTE, MEDIANTE EL USO
DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM.**

Autor: Sylvia Priscila Naula Lema.

Universidad de los Hemisferios

spnau1al@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Resumen

La evaluación de la maduración esquelética es un aspecto fundamental en la planificación de tratamientos ortodóncicos y ortopédicos, ya que el éxito terapéutico depende en gran medida del momento biológico en el que se interviene. Por esta razón el Índice de Maduración Cérvico-Vertebral (IMCV) constituye una herramienta útil para estimar el estado de crecimiento del paciente a partir de los cambios morfológicos de las vértebras cervicales. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la correlación entre el índice de maduración cérico-vertebral cuantitativo propuesto por Chen y la edad cronológica del paciente, mediante el uso de tomografía computarizada Cone Beam (CBCT), en una población ecuatoriana en crecimiento.

Se realizó un estudio comparativo, observacional y transversal, con una muestra de 60 tomografías Cone Beam pertenecientes al banco de imágenes del posgrado de Ortodoncia de la Universidad de los Hemisferios. La muestra incluyó pacientes de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 7 y 17 años, que cumplieran con criterios estrictos de inclusión y exclusión. Las vértebras cervicales C2, C3 y C4 fueron evaluadas en vista sagital, realizando mediciones angulares y lineales necesarias para aplicar la ecuación cuantitativa de Chen,

clasificando a los pacientes en cuatro estadios de maduración (QCVM I a QCVM IV). Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de correlación.

Los resultados evidenciaron un predominio de los estadios tempranos de maduración esquelética, siendo el QCVM I el más frecuente (43,3%), seguido del QCVM II (38,3%). La edad promedio de la muestra fue de aproximadamente 12 años, concordante con el periodo de crecimiento puberal activo. Se observó un mayor porcentaje de pacientes de sexo femenino en los estadios iniciales e intermedios, mientras que el estadio más avanzado presentó una frecuencia mínima. Estos hallazgos reflejan la variabilidad del crecimiento esquelético y confirman que la edad cronológica, por sí sola, no es un indicador preciso del estado de maduración ósea.

El uso de CBCT permitió una visualización detallada de las estructuras vertebrales cervicales, facilitando la identificación de puntos anatómicos y mejorando la precisión del análisis cuantitativo. En conclusión, el índice de maduración cervico-vertebral cuantitativo según Chen, evaluado mediante CBCT, demostró ser un método confiable y útil para estimar la maduración esquelética y su relación con la edad cronológica en la población estudiada. Estos resultados resaltan la importancia de considerar la madurez biológica y el sexo del paciente en la determinación de la planificación terapéutica, ya que el análisis del estadio de maduración cervico-vertebral permite establecer la presencia o ausencia de crecimiento esquelético activo, factor clave para decidir la indicación de tratamientos ortopédicos cuando existe potencial de crecimiento, o de tratamientos ortodóncicos cuando dicho crecimiento es limitado o ha finalizado.

Palabras clave: índice de maduración cervico-vertebral, ecuación de Chen, maduración ósea, tomografía Cone Beam, crecimiento esquelético.

Abstract

Skeletal maturation assessment is a fundamental aspect of orthodontic and orthopedic treatment planning, as therapeutic success depends largely on the biological stage at which the intervention takes place. For this reason, the Cervical-Vertebral Maturation (CVM) is a useful tool for estimating a patient's growth status based on morphological changes in the cervical vertebrae.

The present study aimed to determine the correlation between the quantitative vertebral cervix maturation proposed by Chen and the chronological age of the patient, using Cone Beam Computed Tomography (CBCT), in a growing Ecuadorian population.

This study aimed to analyze the relationship between the vertebral cervix maturation (CVII), according to Chen's method, and the chronological age of patients using images obtained through cone beam computed tomography (CBCT). Cervical vertebrae visible in CBCT images from patients of different ages were evaluated to determine whether there is a correlation between morphological changes in the vertebrae and the individual's actual age.

A comparative, observational, cross-sectional study was conducted using a sample of 60 cone beam computed tomography (CBCT) scans from the image bank of the Orthodontics Postgraduate Program at the University of the Hemisferios. The sample included patients of both sexes, aged between 7 and 17 years, who met strict inclusion and exclusion criteria. The cervical vertebrae C2, C3, and C4 were evaluated in sagittal view, performing the angular and linear measurements necessary to apply Chen's quantitative equation, classifying the patients into four stages of cervical vertebrae maturation (QCVM I to QCVM IV). The data obtained were analyzed using descriptive statistics and correlation tests.

The results showed a predominance of early skeletal maturation stages, with QCVM I (43.3%) and QCVM II (38.3%) accounting for the majority of the sample. The mean age was approximately 12 years, corresponding to the period of active pubertal growth. A higher proportion of female patients was observed in the early and intermediate maturation stages, while the most advanced stage showed minimal frequency. The present findings emphasize the relevance of considering biological maturity and patient sex in therapeutic planning, since the assessment of cervical vertebral maturation stages allows the identification of the presence or absence of active skeletal growth, a key factor in deciding the indication of orthopedic treatments when growth potential exists or orthodontic treatments when such growth is limited or has ceased.

The use of CBCT allowed for detailed visualization of the cervical vertebral structures, facilitating the identification of anatomical landmarks and improving the accuracy of the quantitative analysis. In conclusion, the Chen quantitative vertebral cervix maturation, evaluated using CBCT, proved to be a reliable and useful method for estimating skeletal maturation and its relationship to chronological age in the studied population. These results highlight the importance of considering the patient's biological maturity and sex when determining treatment planning, since analyzing the vertebral cervix maturation stage allows for establishing the presence or absence of active skeletal growth, a key factor in deciding whether to prescribe orthopedic treatments when growth potential exists, or orthodontic treatments when such growth is limited or has ceased.

Keywords: cervico-vertebral maturation, Chen equation, bone maturation, Cone Beam tomography, skeletal growth.

Introducción

La madurez esquelética puede considerarse un factor importante para determinar el periodo de crecimiento del ser humano esto puede depender de variables genéticas, nutricionales, etnia, ambientales y socioeconómicos. (Albaladejo-Saura et al., 2022, p.3) La evaluación de la maduración esquelética constituye un pilar en la planificación de tratamientos ortopédicos, puesto que se trata de aprovechar el pico de crecimiento del desarrollo óseo en el paciente. (Franchi et al., 2000, p.333-340) En este sentido, el análisis del índice de maduración cervico-vertebral (IMCV o CVM, por sus siglas en inglés), ha sido ampliamente utilizado como método práctico para estimar la edad biológica y el potencial de crecimiento craneofacial. (Lucchese et al., 2022, p. 55-57) La técnica consiste en evaluar cambios morfológicos en las vértebras cervicales C2, C3, C4 observables en imágenes radiográficas laterales o tomográficas, con la finalidad de intervenir en el grado de maduración esquelética. (Hassel & Farman, 1995, p.58-59)

El método de maduración cervico-vertebral ha experimentado una evolución en estos últimos años, permitiendo así una evaluación más precisa de la maduración esquelética. El principal objetivo es reducir la variabilidad interobservador en la determinación de los diferentes estadios de maduración, buscando como resultado, una mejor confiabilidad del diagnósticos y tratamientos en ortodoncia y otras áreas relacionadas con el crecimiento y desarrollo esquelético (Perinetti et al., 2017, p.898-906)

Se observa una mejor respuesta al tratamiento durante el estadio II de maduración cervico-vertebral, el cual marca el inicio del crecimiento puberal acelerado. Este estadio se asocia con un periodo de incremento significativo del crecimiento esquelético, lo cual es necesario para la planificación del tratamiento. Estudios de revisión y meta-análisis han corroborado esta relación, estableciendo rangos etarios específicos para las etapas

intermedias de la maduración cérvico-vertebral que coinciden con el comienzo del crecimiento puberal, razón por la cual es fundamental analizar si el enfoque cérvico-vertebral utilizado anteriormente se alinea con estos hallazgos. (Magalhães et al., 2022, p.19). En esta etapa, pueden indicarse procedimientos ortopédicos a nivel transversal como la expansión maxilar, independientemente de la clase esquelética. (Proffit, 2019, p220.) En pacientes con Clase II esquelética, estas intervenciones pueden estar dirigidas a la corrección sagital. (Baccetti et al., 2005, p.121)

En su propia fase, la tercera etapa de la maduración cervical-vertebral coincide con el pico del crecimiento puberal y es la etapa óptima para la terapia ortopédica maxilar y mandibular, logrando la máxima eficacia terapéutica para el tratamiento de las Clases esqueléticas II y III utilizando aparatos funcionales para redirigir el crecimiento del maxilar y la mandíbula. (Kim et al., 2025, p.2)

También es fundamental en el abordaje ortodóncico-quirúrgico, ya que posibilita confirmar la finalización del crecimiento esquelético antes de la intervención quirúrgica, disminuyendo el riesgo de recidiva. (McNamara & Franchi, 2018, p.133-143) Esto ha favorecido métodos alternativos que resultan más accesibles y menos invasivos. (Kavasoglu et al., 2025, p.89-90) Entre ellos se destaca el método CVM, fue originalmente desarrollado por Lamparski, en 1970 y sucesivamente mejorado por (O'Reilly & Yanniello, 1988, p.179-184), (Hassel & Farman, 1995, p.58-66) y (Baccetti et al., 2005, p.119-129) se basa en criterios cualitativos donde se evalúa la forma de las vértebras, especialmente C2, C3 y C4, porque originalmente, el método CVM se desarrolló utilizando radiografías cefalométricas laterales, no CBCT, y en ese tipo de imagen, el campo radiográfico de C5 y C6 estaba fuera de las imágenes, se superponían con los hombros o carecían de claridad, por lo que para determinar la edad ósea, se tomaron principalmente las características de C2, C3 y C4 como:

- La forma del cuerpo vertebral (de trapezoidal a rectangular y cuadrada).
- El desarrollo de concavidades en el borde inferior de las vértebras.
- El aumento progresivo de la altura vertebral en relación con su ancho. (McNamara & Franchi, 2018, p.1-3)

En el 2008, Chen et al. estableció un sistema cuantitativo de CVM en cefalogramas, en donde se tomaron tres mediciones de 42 de las vértebras C2, C3 y C4, para comparación, y también se incluyeron seis etapas de maduración (CS1 a CS6), con descripciones más detalladas de los cambios morfológicos vertebrales. (Chen et al., 2008, p720e3) En la misma línea, (Byun et al., 2015, p.5) estimaron las etapas de maduración ósea con parámetros de CVM (el proceso odontoide y el cuerpo de la C2, C3 y C4) generados por Tomografía Computarizada de Haz Cónico, utilizando modelos de regresión múltiple (un análisis cuantitativo). Chen et al., en un estudio longitudinal, realizaron un análisis morfométrico de C2, C3 y C4 en radiografías cefalométricas. (Ríos León et al., 2018, p.27-33)

Varios estudios han informado que existe una relación significativa entre la edad cronológica y las etapas de maduración vertebral cervical en diferentes poblaciones, donde el aumento de la edad se asocia con cambios morfológicos progresivos y secuenciales de las vértebras cervicales C2, C3 y C4: aumento en la altura de los cuerpos vertebrales, aparición de concavidades en sus bordes inferiores y transición de formas trapezoidales a rectangulares y cuadradas. (Franchi et al., 2000; Baccetti et al., 2005)

Estudios realizados en poblaciones europeas, asiáticas y americanas han confirmado esta relación, reportando rangos etarios específicos para cada estadio de maduración, así como diferencias según el sexo, con una maduración más temprana en el sexo femenino (Chen et al., 2016; Lingam et al., 2022,p. 110-115). Sin embargo, los mismos autores

coinciden en que, a pesar de la correlación estadística, existe una amplia variabilidad biológica individual, lo que limita el uso de la edad cronológica como único indicador del desarrollo esquelético y justifica la necesidad de emplear métodos biológicos complementarios como el análisis cervico-vertebral (Bedoya Rodríguez, 2016, p. 44; Magalhães et al., 2022, p. 19), (Baccetti, 2005), (Chen LL, 2008.), (Safavi et al., 2015, p.443-448).

La investigación indica que existe una correlación significativa entre la maduración vertebral cervical y la edad cronológica (Bedoya Antonio, 2016, p. 43). Este estudio tiene como objetivo investigar la relación entre la edad cronológica del paciente y el índice de maduración vertebral cervical según Chen, utilizando tomografía computarizada de haz cónico en pacientes que están en crecimiento activo, en un rango de edad de 7 a 17 años, tanto masculinos como femeninos, del banco de tomografías del programa de posgrado en Ortodoncia de la Universidad de los Hemisferios.

Metodología

Esta investigación comparativa fue aprobada por el Comité de Ética del Programa de Posgrado en Odontología de la Universidad de los Hemisferios, con el formulario Número CEUHE 25-123.

La muestra incluyó 60 tomografías Cone Beam procesadas en el software Romexis Viewer (Ver.6.4.7.99, Planmeca, Finlandia). A todos los pacientes se les ubicó la cabeza con el plano de Frankfort paralelo a la horizontal verdadera (figura 1). Utilizando como referencia la segunda vértebra cervical (C2) los cortes se ubicaron de la siguiente manera: Corte axial en la parte más posterior del foramen de la segunda vértebra cervical y luego el centro del cuerpo, generando el eje anteroposterior; en el corte sagital, desde los cuerpos vertebrales de C2 a C4, se obtuvo del plano formado por el eje vertical y el eje anteroposterior; en el eje coronal, se ajusta al eje vertical para pasar por el centro del proceso odontoides. (figura 1 y 2) (Chen et al., 2008, p720e3)

Figura 1.

Posición de la cabeza paralela al plano de Frankfurt en CBCT: vista 3D. FUENTE: Imagen propia.

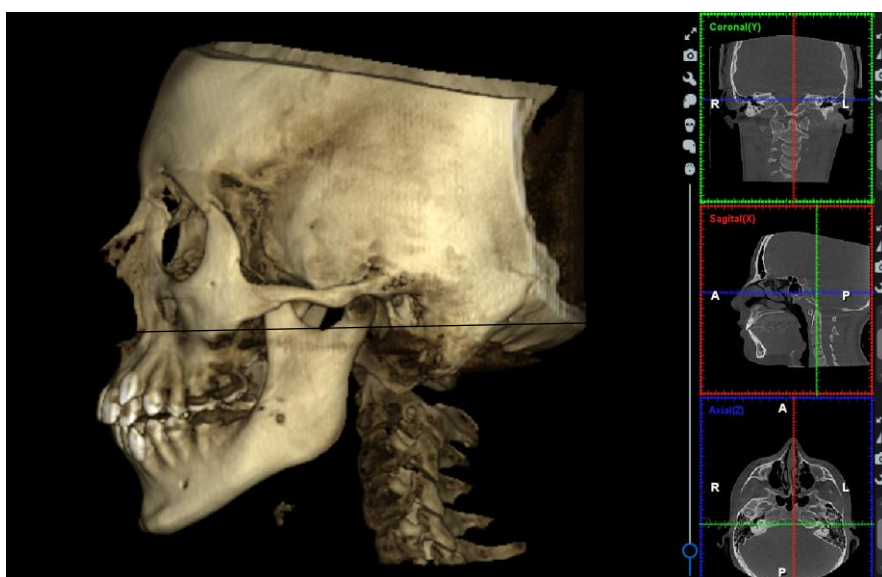
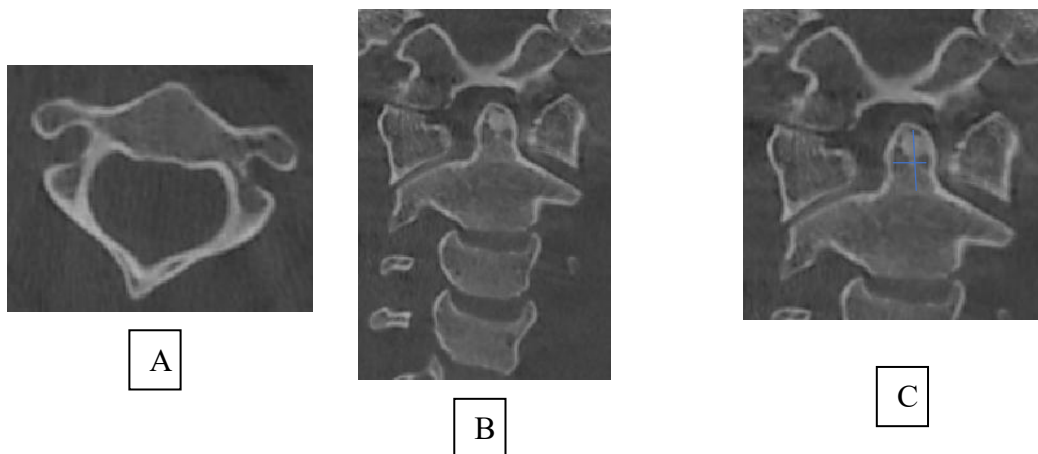


Figura 2.

A) Corte axial se ubicó en la segunda vertebra cervical (C2), B) coronal se ubicó el eje sagital de manera que pasara por el eje longitudinal de las apófisis odontoides, C) apófisis odontoides FUENTE: Imagen propia.



Medimos dentro del sagital. Hubo tres mediciones: @2 ángulo superior anterior que es de C2d a C2p con la proyección de C2p a C2a, AH3/PH3, y H4/W4 requeridos para resolver la ecuación de Chen et al. (Chen et al., 2008, p.720e3)

$$CVMS = - 4.13 + 3.57 * H4/W4 + 4.07 * HA3/HP3 + 0.03 * @2.$$

A continuación, se encontraron los puntos que permitieron tomar las mediciones de las vértebras, ya sea medición angular en C2, C3 y C4 o mediciones lineales en C2, C3 y C4 respectivamente, observadas en las imágenes de tomografía computarizada Cone Beam lo cual se muestra en las: (Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

Vértebra C2 se encontraron, en el borde inferior, tres referencias, a saber, el punto más posterior (C2p), el punto más anterior (C2a) y el punto correspondiente a la parte más profunda de la concavidad inferior (C2d).

Vértebra C3 obtuvimos los puntos tanto en los ángulos de los bordes superior e inferior. Siendo así el punto más posterior (C3up) y el punto más anterior (C3ua) se ubicaron

en el borde superior. También se anotó el punto más posterior (C3lp), el punto más anterior (C3la) y el punto de máxima concavidad inferior (C3d) en el borde inferior.

Vértebra C4 se utilizó el mismo protocolo de identificación. En el borde superior, se encontraron el punto posterior (C4up) y el punto anterior (C4ua) y en el borde inferior, se tomó el punto más posterior (C4lp), el punto más anterior (C4la) y el punto de mayor profundidad de la concavidad (C4d).

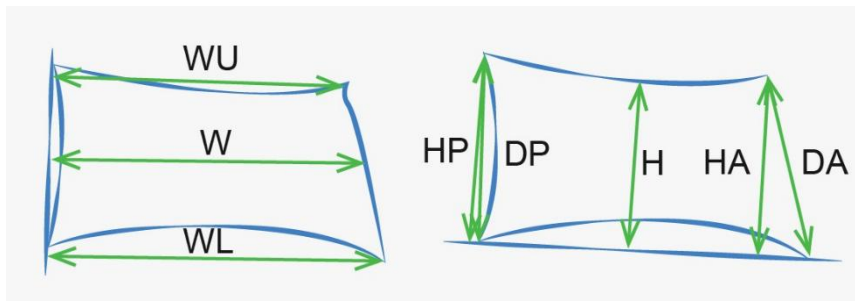
Las dimensiones horizontales y verticales del cuerpo vertebral se cuantificaron utilizando mediciones lineales y proyecciones perpendiculares derivadas de estos puntos anatómicos. Las distancias obtenidas fueron: (Figura 3)

- WU: Una medición transversal tomada en longitud desde el punto anterior superior hasta su proyección en la línea que une los puntos posteriores.
- W y WL: distancias horizontales desde los puntos de origen de la proyección ortogonal desde los puntos anteriores hasta la línea de referencia posterior.
- HP, H y HA: Dimensiones verticales calculadas desde los puntos superiores hasta la base vertebral inferior.
- DA y DP: distancia desde los puntos anteriores a los puntos posteriores, (directamente conectados con los bordes vertebrales).

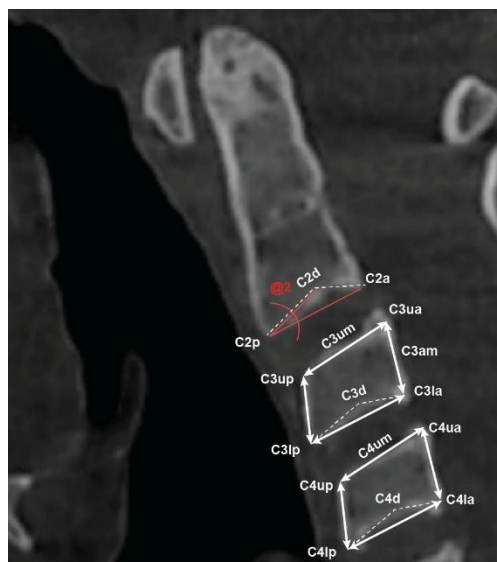
Este procedimiento permitió una estandarización de la recolección de datos morfométricos, asegurando que la medición de los cambios estructurales vertebrales asociados con el crecimiento esquelético se mantuviera precisa, reproducible y consistente.

Figura 3.

Líneas utilizadas en el cuerpo de las vértebras. Distancias horizontales WU, W, WL; H, distancia verticales HA, DA, DP, HP. Fuente: Imagen propia.

**Figura 4.**

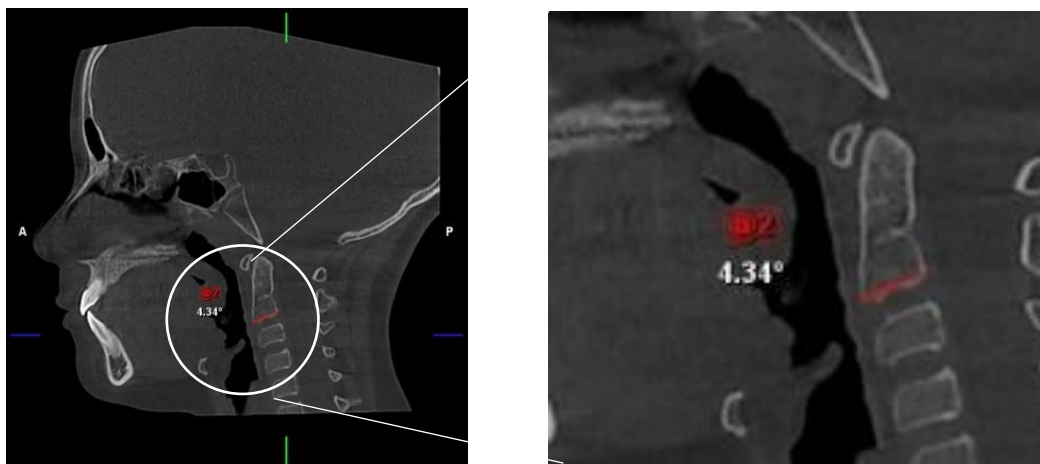
Todos los puntos en el análisis de los cuerpos vertebrales. Fuente: Imagen propia



A continuación, medidas de cada punto y medición lineal. (Figura 5 -7)

Figura 5.

CQMV I: Medida Angulo @2. (ejemplo QCVM I). FUENTE: Imagen propia.

**Figura 6.**

Medida HA3-PH3 en C3. FUENTE: Imagen propia.

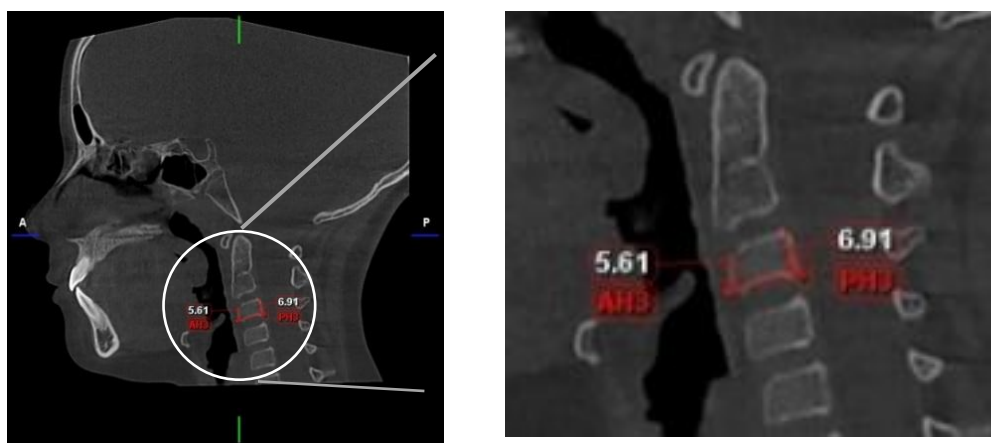
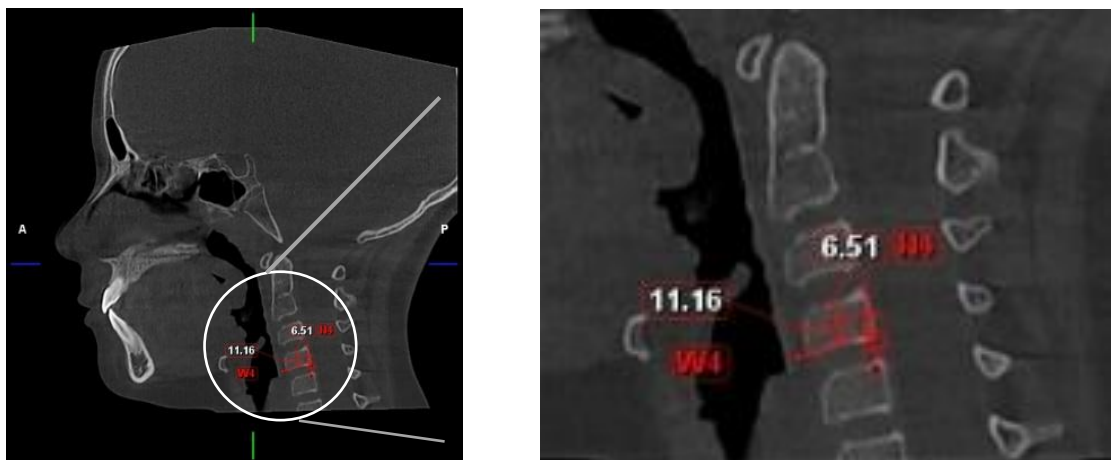
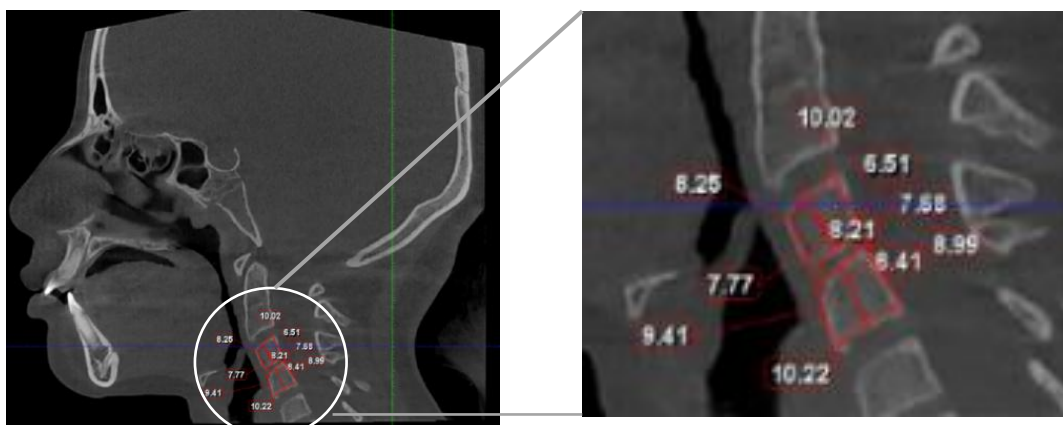


Figura 7.

Medidas W4-H4 en C4. FUENTE: Imagen propia.

**Figura 8.**

Vista sagital: análisis completo C2–C4 según Chen (ejemplo paciente 12 años). FUENTE: Imagen propia.



Las vértebras C2, C3 y C4 serán evaluadas en vista lateral utilizando el índice de maduración cérico vertebral propuesto por Chen et.al, se dividió en cuatro períodos (QCVM I – QCVM IV): QCMV I (período de aceleración) para valores de CMVS $< 1,74$, QCMV II (periodo de alta velocidad) $1,74 < CVMS < 2,62$, QCVM III (periodo de desaceleración) $2,62 < CVMS < 3,52$, Y QCMV IV (periodo de terminación) de $CVMS > 3,52$.

Tabla 1.

Clasificación de estadios QCMV según Chen y periodos de crecimiento.

QCMV I	Período de aceleración	de	< 1,74
QCMV II	Período de velocidad	de alta	1,74 < - < 2,62
QCMV III	Período de desaceleración	de	2,62 < - < 3,52
QCMV IV	Período de terminación		> 3,52.

FUENTE: Obtenido de (Ríos León et al., 2018, p.5)

A continuación, la edad cronológica será registrada según la fecha de nacimiento del paciente y la fecha del estudio, todos los datos recopilados serán anonimizados para preservar la confidencialidad y serán ingresados en una base de Excel y de análisis estadístico. Se generarán gráficos descriptivos que permitirá visualizar y presentar los resultados obtenidos en el estudio (Tabla 2).

Tabla 2.

Registro de medidas cuantitativas y clasificación QCVM (muestra 60 CBCT).

REGISTRO DE MEDIDAS CUANTITATIVAS ANGULARES Y LINEALES EN CBCT DE LOS PERÍODOS DE MADURACIÓN ÓSEA											
PACIE NTE	ED AD	SEX O	@2	HA3	HP3	TOTAL AH3/PH3	H4	W4	TOTAL H4/W4	TOTAL ECUACION	ESTADIO QCVM
1	9	F	4,34	5,61	6,91	0,81	6,51	11,16	0,58	1,39	QCVM I
2	14	M	5,79	8,8	12,01	0,73	9,6	12,46	0,77	1,78	QCVM II
3	16	F	4,57	7,2	9,61	0,75	7,64	11,71	0,65	1,39	QCVM I
4	11	F	9,26	7,47	9,23	0,81	7,38	11,76	0,63	1,68	QCVM I
5	8	M	3,98	4,8	7,2	0,67	6,01	11,38	0,53	0,59	QCVM I
6	14	M	9,48	10,01	10,83	0,92	10	13,16	0,76	2,63	QCVM III
7	8	M	3,3	4,47	6,05	0,74	6,32	12,03	0,53	0,85	QCVM I
8	11	F	6,17	8,88	9,51	0,93	9,73	11,65	0,84	2,84	QCVM III
9	16	M	10,8 3	13,62	13,25	1,03	11,6	14,4	0,81	3,25	QCVM III
10	11	M	5,01	7,2	8,01	0,90	6,99	11,89	0,59	1,78	QCVM II
11	15	F	10,9 3	8,81	11,23	0,78	8,44	14,14	0,60	1,52	QCVM I
12	10	F	3,71	8,55	10,28	0,83	9,3	10,57	0,88	2,51	QCVM II
13	12	F	3,99	6,85	8,55	0,80	7,38	11,89	0,62	1,47	QCVM I
14	12	M	9,21	9,63	10,47	0,92	9,61	12,45	0,77	2,65	QCVM III
15	13	F	6,43	8,48	10,52	0,81	8,74	11,89	0,74	1,97	QCVM II
16	10	F	8,13	6,21	8,1	0,77	7,34	10,02	0,73	1,85	QCVM II
17	11	F	6,36	7,97	8,62	0,92	7,34	10,43	0,70	2,34	QCVM II
18	13	M	7,82	7,97	8,62	0,92	7,77	12,27	0,63	2,13	QCVM II
19	7	M	1,67	4,02	5,66	0,71	6,71	10,63	0,63	1,06	QCVM I
s20	15	M	10,3	12,11	10,5	1,15	9,62	11,82	0,81	3,78	QCVM IV
21	7	F	4,03	5,73	7,35	0,78	6,11	10,88	0,56	1,17	QCVM I
22	12	F	9,43	11,01	11,66	0,94	8,48	10,92	0,78	2,77	QCVM III
23	12	F	6,91	6	8,01	0,75	7,77	10,25	0,76	1,83	QCVM II
24	7	F	1,91	5,82	6,6	0,88	5,2	8,94	0,58	1,59	QCVM I
25	15	F	13,6 7	13,3	13,08	1,02	9,3	11,11	0,84	3,41	QCVM III
26	9	F	8,26	5,06	6,71	0,75	6,45	11,26	0,57	1,23	QCVM I
27	9	F	2,88	5,44	7,35	0,74	6,8	9,33	0,73	1,57	QCVM I
28	9	M	9,64	5,6	7,61	0,74	7,25	9,9	0,73	1,77	QCVM II
29	10	M	3,95	7,21	7,2	1,00	8	11,63	0,69	2,52	QCVM II
30	14	M	2,41	8,04	11,26	0,71	8,09	12,32	0,66	1,19	QCVM I
31	12	F	10,9 8	8,81	10,01	0,88	7,61	11,77	0,65	2,09	QCVM II
32	13	F	7,26	6,21	10,38	0,60	8,1	10,77	0,75	1,21	QCVM I
33	13	M	5,34	9,61	11,21	0,86	10,2	11,06	0,92	2,81	QCVM III
34	13	F	7,52	9,2	11,2	0,82	8,81	10,92	0,81	2,32	QCVM II
35	12	M	3,46	7,21	9,24	0,78	8,25	11,89	0,69	1,63	QCVM I
36	9	F	2,88	5,6	7,61	0,74	6,85	10,77	0,64	1,22	QCVM I
37	15	F	14,6 8	10,83	11,77	0,92	8,84	9,73	0,91	3,30	QCVM III
38	14	F	7,54	9,2	12,06	0,76	8,44	13,1	0,64	1,50	QCVM I
39	11	M	7,47	7,2	8,01	0,90	8,01	11,26	0,71	2,29	QCVM II
40	12	F	1,55	6,01	6,85	0,88	6,81	12,71	0,54	1,40	QCVM I
41	15	M	3,78	10,87	12,43	0,87	10,03	12,41	0,81	2,43	QCVM II
42	17	M	10,4	12,82	12,17	1,05	11,31	13,42	0,84	3,48	QCVM III
43	14	F	9,48	9,61	11,66	0,82	8,49	13,1	0,65	1,82	QCVM II
44	9	F	10,7 5	8,49	9,81	0,87	7,38	11,01	0,67	2,11	QCVM II
45	10	F	14,4 2	10,92	12,53	0,87	9,34	10	0,93	3,18	QCVM III
46	12	F	6,34	7,21	8,84	0,82	7,69	11,85	0,65	1,70	QCVM I
47	15	M	3,78	7,6	10,43	0,73	8,55	12,53	0,68	1,39	QCVM I
48	9	M	1,59	5,6	6,8	0,82	6,8	12	0,57	1,29	QCVM I
49	13	F	15,0 1	13,1	11,66	1,12	8,85	12,27	0,72	3,47	QCVM III
50	16	F	14,7 3	10,81	12,86	0,84	9,67	12,88	0,75	2,41	QCVM II
51	14	M	10,8 6	10,81	12,01	0,90	10,43	14,28	0,73	2,47	QCVM II
52	8	M	2,5	5,6	6,8	0,82	6,01	10,52	0,57	1,34	QCVM I
53	7	F	3,2	5,73	6,8	0,84	6,66	9,44	0,71	1,91	QCVM II
54	11	M	7,57	6,4	6,8	0,94	7,77	11,65	0,67	2,31	QCVM II
55	12	M	9,3	8,04	8,16	0,99	6,71	11,66	0,58	2,21	QCVM II
56	12	M	7,47	7,21	7,64	0,94	7,61	12,5	0,61	2,11	QCVM II
s57	11	F	9,86	10	11,45	0,87	8,99	13,08	0,69	2,17	QCVM II
58	10	F	11,5 5	8,25	10,5	0,79	8,1	11,63	0,70	1,90	QCVM II
59	10	F	8,53	7,89	9,88	0,80	10,02	9,77	1,03	3,04	QCVM III
60	9	M	4,54	6,81	7,61	0,89	7,24	11,65	0,62	1,87	QCVM II

FUENTE: Elaboración propia.

El análisis estadístico se realizó mediante Microsoft Excel, utilizando el complemento Solver como herramienta de apoyo para la resolución de modelos matemáticos y estadísticos, lo que permitió optimizar los cálculos y evaluar la relación entre las variables de estudio, luego se utilizó estadística descriptiva para determinar medias, desviaciones estándar y frecuencias a continuación se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman o Pearson para evaluar entre el índice de Chen y la edad cronológica.

La correlación obtenida aporta información explicativa sobre el grado de asociación entre ambas variables, aunque no establece una relación causal. Asimismo, los valores del índice de Chen fueron clasificados en rangos que corresponden a los estadios de maduración cervico-vertebral (QCVM I a QCVM IV), (Chen et al., 2008, p.720e3)

Fueron seleccionadas 60 tomografías asegurándonos que cumplan con los criterios de inclusión: tomografías entre los 7 a 17 años de edad, de sexo masculino y femenino que se encuentren en este grupo etario, sin antecedentes previos de tratamiento ortodóncico o quirúrgico previo, que sea tomografías de cabeza completa, que se visualice hasta la vertebra C4 y las imágenes sean claras, sin estar relacionadas a traumatismos ni patologías cervicales y que pertenezca al banco de tomografías del posgrado de Ortodoncia de la Universidad de los Hemisferios.

Tomamos en cuenta también con los criterios de exclusión: tomografías con traumas cervicales ya que estos pueden alterar la morfología en las vértebras cervicales, con síndromes congénitos que afectan el crecimiento óseo o la maduración esquelética como por ejemplo, displasia óseas, acondroplasia, Imágenes de CBCT de mala calidad o que se encuentren distorsionadas que impiden una adecuada visualización de las vértebras cervicales

(C2-C4), tomografías que no se encuentren en rango de edad establecida o que tenga aparatología en boca.

Resultados

Se examinaron sesenta tomografías, en un rango de edad de 7 a 17 años, ya que también abarca el período de crecimiento prepuberal, puberal y pospuberal, durante el cual se manifiestan los cambios morfológicos progresivos de las vértebras cervicales necesarios para la aplicación del método de maduración cérvico-vertebral de los cuales fueron 32 pacientes mujeres y 28 pacientes hombres.

Tabla 3.

Distribución de estadios QCVM (frecuencia y porcentaje).

Estadio	Frecuencia	Porcentaje
QCVM I	26 pacientes	43.3%
QCVM II	23 pacientes	38.3%
QCVM III	10 pacientes	16.7%
QCVM IV	1 paciente	1.7%

FUENTE: Elaboración propia.

Analizando la tabla 3, encontramos que el 43% se encuentra en estadio I, 38.3% en el estadio II, 16.7% en el estadio III y solo 1.7% en el estadio IV.

Tabla 4.

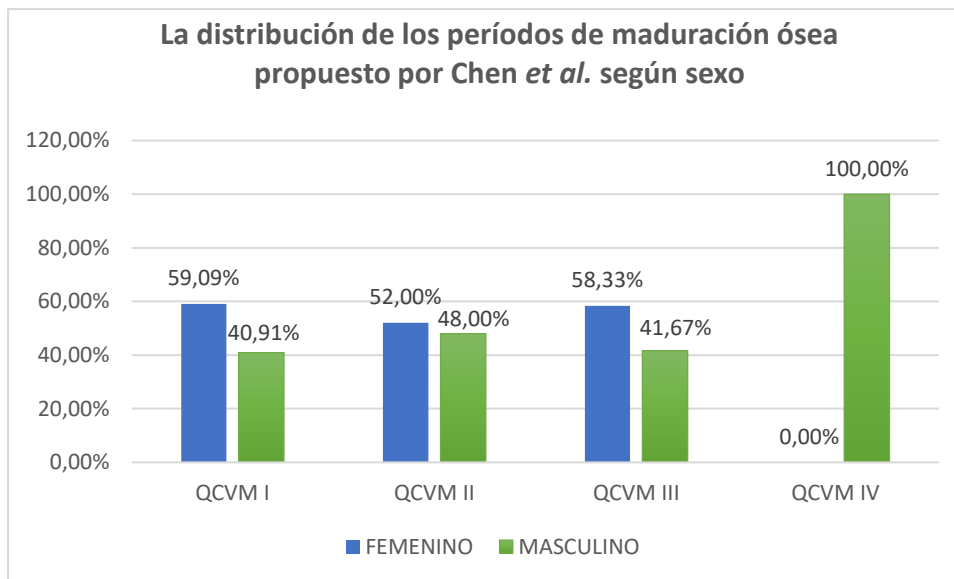
Distribución QCVM por sexo (n y %).

GRAFICAS	FEMENINO		MASCULINO	
	N	%	n	%
QCVM I	13	59,09%	9	40,91%
QCVM II	13	52,00%	12	48,00%
QCVM III	7	58,33%	5	41,67%
QCVM IV	0	0,00%	1	100,00%

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 9.

Distribución porcentual de QCVM según sexo.



FUENTE: Elaboración propia.

Al analizar la tabla 4 y figura 9, encontramos lo siguiente, en el estadio QCVM I, se observa un predominio del sexo femenino con 13 pacientes (59,09%), mientras que el sexo masculino presentó 9 pacientes (40,91%). Este resultado sugiere una mayor representación femenina en las etapas iniciales de maduración cervical.

Para el estadio QCVM II, aunque el sexo femenino continúa siendo ligeramente predominante con 13 pacientes (52,00%), la diferencia con el sexo masculino es mínima, ya que este último registra 12 pacientes (48,00%). Esto evidencia una distribución casi equitativa entre ambos sexos en esta fase del desarrollo.

En el estadio QCVM III, nuevamente se observa mayor frecuencia en el sexo femenino, con 7 pacientes (58,33%), frente a 5 pacientes masculinos (41,67%), lo que indica que las mujeres alcanzan este estadio de maduración en mayor proporción dentro de la muestra analizada.

Finalmente, en el estadio QCVM IV, únicamente se registró un paciente del sexo masculino (100%), no observándose casos femeninos.

Esto puede ser por el tamaño de la muestra, sin embargo, los resultados evidencian un predominio del sexo femenino en los estadios tempranos e intermedios del índice de maduración cervice vertebral, lo cual concuerda con la literatura que indica que las mujeres tienden a alcanzar la maduración esquelética a edades más tempranas en comparación con los hombres.

Tabla 5.

Resultados totales por estadio QCVM (n y %).

ESTADIO QCVM	n TOTAL	% TOTAL
QCVM I	22	36,67%
QCVM II	25	41,67%
QCVM III	12	20,00%
QCVM IV	1	1,67%
	60	100,00%

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla 5, el resultado total del estadio en porcentaje, encontramos que, del total de pacientes, 22 se encuentran en el estadio QCVM I y corresponde al 36,67%; 25 en el QCVM II y corresponde al 41,67%; 12 individuos se encuentran en el QCVM III lo que corresponde al 20% y 1 persona al QCVM IV lo que corresponde al 1.67%.

Tabla 6.

Edad promedio por estadio QCVM.

Estadio QCVM	N	Edad promedio (años)
QCVM I	22	10,73
QCVM II	25	11,56
QCVM III	12	13,17
QCVM IV	1	15,00
Total	60	

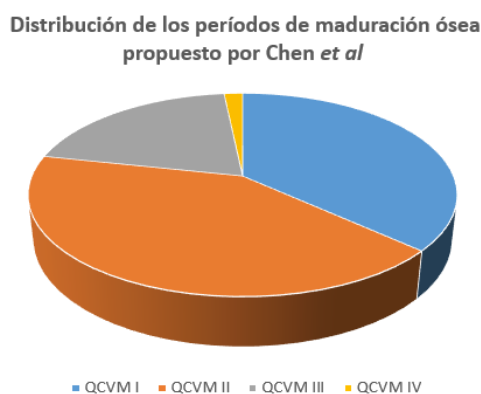
FUENTE: Elaboración propia.

En la Tabla 6, la cual nos indica cual es el promedio de edad presente en cada estadio nos indica que el estadio QCVM I mostró una edad promedio de 10,73 años, mientras que el QCVM II presentó un promedio de 11,56 años, lo que corresponde a etapa de inicio de crecimiento prepuberal. Por su parte, el estadio QCVM III, asociado al periodo de mayor crecimiento puberal, evidenció una edad promedio más elevada (13,17 años). El estadio QCVM IV se identificó únicamente en un paciente, con una edad promedio de 15 años, lo que indica una menor representación de estadios avanzados de maduración en la muestra analizada.

En la figura 10. demostraron que en este estudio se encuentran en mayor numero el estadio I y II.

Figura 10.

Distribución de los periodos de maduración (QCVM I-IV).



FUENTE: Elaboración propia.

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) presenta una ventaja diagnóstica notable sobre la radiografía cefalométrica lateral en la medición de la maduración vertebral cervical, ya que proporciona imágenes tridimensionales de alta resolución que eliminan errores derivados de la superposición de estructuras anatómicas típicas de estudios bidimensionales. Con esta permite una delimitación más precisa de los contornos vertebrales

y una mejor identificación de cambios morfológicos sutiles en las vértebras cervicales, incrementando la exactitud y confiabilidad en la categorización de los estadios de maduración esquelética. Según (Chung et al., 2025, p.10), la tomografía computarizada de haz cónico proporciona una evaluación más precisa de la morfología vertebral que los métodos cefalométricos 2D convencionales, favoreciendo una categorización más exacta de los estadios de maduración esquelética.

Los resultados también sugieren que la población ecuatoriana podría presentar patrones de maduración ósea particulares, lo cual puede atribuirse a la influencia de factores genéticos, étnicos, nutricionales, ambientales y socioeconómicos propios de la región. (Gabriel et al., 2009, p.478e4; Lucchese et al., 2022, p.57) Estas variables pueden modificar el ritmo y el momento del crecimiento puberal, generando diferencias en la edad cronológica asociada a cada estadio de maduración cervico-vertebral en comparación con poblaciones descritas en la literatura internacional. Asimismo, la variabilidad observada dentro de los estadios QCVM en la muestra analizada refuerza la necesidad de establecer referencias poblacionales locales que permitan una interpretación más precisa del desarrollo esquelético. (O'Reilly & Yanniello, 1988, p.179-184) En comparación con estudios realizados en poblaciones asiáticas o europeas, se observó una ligera variación en la edad promedio asociada a determinadas etapas de maduración. Esto refuerza la importancia de generar tablas de referencia locales que permitan una interpretación más ajustada a la realidad biológica de la población, evitando extrapolar datos de otros grupos étnicos que podrían no compartir las mismas características de crecimiento. (Kavasoglu et al., 2025, p.12)

Finalmente, los resultados de este estudio aportan evidencia relevante para el campo de la ortodoncia y ortopedia dentofacial, especialmente en el diagnóstico y planificación de tratamientos que dependen del crecimiento esquelético, como las terapias ortopédicas tempranas. (Albaladejo-Saura et al., 2022, p.11). El IMCV, evaluado mediante CBCT,

constituye una herramienta útil para determinar el momento oportuno de intervención, optimizando los resultados y reduciendo la duración del tratamiento, entonces el momento oportuno para la intervención terapéutica, determinado a partir del Índice de Maduración Cérvico-Vertebral evaluado mediante CBCT.

Discusión

En el presente estudio evidencia una relación clara entre el índice de maduración cervico-vertebral (IMCV) y la edad cronológica del paciente, evaluada mediante tomografía computarizada Cone Beam (CBCT) en población ecuatoriana. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por (Hassel & Farman, 1995, p.58-66) , así como por (Baccetti et al., 2005, p.119-129), quienes describen una asociación progresiva entre los estadios de maduración cervical y el avance de la edad cronológica, destacando al IMCV como un indicador confiable del desarrollo esquelético.

La distribución de los estadios QCVM mostró una mayor concentración de pacientes en los estadios iniciales de maduración esquelética, resultado similar al observado en estudios realizados en poblaciones latinoamericanas y europeas, donde se reporta una mayor frecuencia de estadios tempranos en muestras con edades promedio pediátricas y adolescentes tempranos. Este patrón coincide con lo descrito por (Chen et al., 2008, p.720e3) y quienes señalan que los estadios iniciales del IMCV predominan en pacientes previo al pico máximo de crecimiento puberal.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en la población ecuatoriana analizada son consistentes con la literatura internacional, confirmando que la edad cronológica mantiene una relación directa con el estadio de maduración cervico-vertebral, aunque con variaciones atribuibles a factores poblacionales y biológicos. (Lucchese et al., 2022, p.55-66)

En relación con la distribución general de los estadios, el QCVM I fue el más frecuente, con el 43,3 % de los pacientes, seguido del QCVM II con el 38,3 %, mientras que los estadios QCVM III y QCVM IV representaron el 16,7 % y el 1,7 %, respectivamente.

Esta predominancia de estadios tempranos coincide con lo reportado por (Hassel & Farman, 1995, p.58-66), quienes señalan que la mayoría de los pacientes en edad pediátrica y prepuberal se concentran en los primeros estadios de maduración cervical. Asimismo, (Ríos León et al., 2018, p.32) destacan que los estadios iniciales suelen ser los más observados en estudios poblacionales con pacientes jóvenes, lo cual respalda los resultados obtenidos.

Al analizar la distribución de los estadios QCVM según el sexo, se observó una ligera predominancia del sexo femenino en los estadios QCVM I, QCVM II y QCVM III, con porcentajes de 59,09 %, 52,00 % y 58,33 %, respectivamente. Estos hallazgos concuerdan con lo descrito por (Baccetti, 2005,p.p.119-129), (Chen LL, 2008.) y (Lingam, 2022,p.p.110-115), quienes reportan que el sexo femenino presenta una maduración esquelética más temprana en comparación con el sexo masculino. En contraste, el estadio QCVM IV fue observado exclusivamente en el sexo masculino (100 %), lo que puede explicarse por el patrón de maduración tardía característico del crecimiento esquelético en varones. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en estudios previos, donde se indica que los hombres alcanzan los estadios finales de maduración cervical a edades cronológicas mayores en comparación con las mujeres, prolongando su periodo de crecimiento (Albaladejo-Saura et al., 2022, p.11)

En cuanto a la relación entre edad cronológica y estadios QCVM, el estadio QCVM I presentó una edad promedio de 10,73 años, valor que se encuentra en concordancia con estudios internacionales. (Baccetti et al., 2005, p.119-129) reportaron que el pico de crecimiento (CVM3) ocurre alrededor de los 10,7 años en mujeres y 12,1 años en hombres en población europea, lo que sugiere que los valores observados en el presente estudio se alinean con el comportamiento esperado para estadios previos al pico puberal. No obstante, las ligeras diferencias encontradas podrían atribuirse a factores étnicos, genéticos, nutricionales y

socioeconómicos propios de la población ecuatoriana, tal como señala (Ríos et al., 2018, p.31)

El uso de CBCT permitió una visualización más detallada de las vértebras cervicales C2, C3 y C4, facilitando la identificación precisa de los cambios morfológicos asociados a cada estadio de maduración. Al comparar estos resultados con estudios realizados mediante radiografías cefalométricas laterales, se observa una adecuada correspondencia en la clasificación de los estadios, lo que refuerza la validez del IMCV como método diagnóstico. Sin embargo, la mayor resolución tridimensional del CBCT podría explicar la exactitud en la detección de estadios avanzados, incluso en muestras con baja frecuencia de los mismos. (Scarfe et al., 2006, p.75-80)

En conjunto, la comparación de los resultados obtenidos con los reportados por otros autores confirma que el IMCV es un indicador confiable del desarrollo esquelético. Las diferencias observadas entre sexos y entre poblaciones subrayan la importancia de establecer referencias específicas para la población ecuatoriana, con el fin de optimizar la planificación y el momento de intervención en tratamientos ortodóncicos y ortopédicos.

Conclusiones

El presente estudio se observó que los estadios iniciales, QCVM I y QCVM II, se concentraron en edades promedio de 10,73 y 11,56 años respectivamente, lo que corresponde a la etapa de inicio del crecimiento prepuberal, por eso, el enfoque principal es ortopédico interceptivo, más que ortodóncico correctivo, debido a la presencia de crecimiento esquelético activo. A medida que avanza la maduración esquelética, el estadio QCVM III, está asociado al pico máximo de crecimiento prepuberal, la cual se presentó a una edad promedio mayor a los 13,17 años, convirtiéndolo en una fase estratégica porque todavía hay crecimiento óseo activo.

La identificación del estadio QCVM IV únicamente se evidenció en un paciente con una edad promedio de 15 años, que refleja una baja representación de estadios avanzados de maduración en la muestra analizada, en este estadio se encuentra en una fase postpuberal, lo que significa que el crecimiento esquelético está muy reducido o prácticamente finalizado.

La edad cronológica no constituye un indicador suficiente para determinar el grado de maduración esquelética. Pacientes de la misma edad presentaron distintos estadios QCVM, lo que confirma la necesidad de utilizar métodos biológicos de evaluación del desarrollo, como el IMCV, especialmente en la planificación ortodóncica y ortopédica.

Las mediciones morfométricas vertebrales obtenidas mediante CBCT mostraron cambios progresivos asociados a la maduración, evidenciados en el incremento de parámetros como AH3/PH3 y H4/W4 en estadios más avanzados. Esto demuestra que la tomografía Cone Beam permite identificar con precisión cambios morfológicos sutiles en los cuerpos vertebrales cervicales.

El CBCT se confirmó como un método confiable y altamente preciso para evaluar la maduración cérvico-vertebral; sin embargo, debido a la mayor exposición a radiación comparada con la radiografía lateral convencional, su uso debe reservarse para casos donde el estudio tridimensional ya sea clínicamente necesario, evitando exámenes innecesarios.

El presente estudio muestra que, en la población ecuatoriana analizada, la mayoría de los pacientes se encuentra en estadios tempranos e intermedios de maduración cérvico-vertebral, correspondientes a etapas de crecimiento activo. Este comportamiento sugiere que existe una ventana terapéutica favorable para la aplicación de tratamientos ortopédicos y ortodóncicos interceptivos en edades tempranas. La baja frecuencia de estadios avanzados de maduración refleja que el crecimiento esquelético aún no ha concluido en la mayoría de los individuos evaluados, lo que refuerza la importancia de considerar la madurez biológica más allá de la edad cronológica en la población ecuatoriana.

Las conclusiones de este estudio son de alta relevancia clínica, ya que permiten determinar con mayor precisión el momento oportuno para intervenciones ortopédicas dependientes del crecimiento y mejoran la planificación terapéutica en ortodoncia, optimizando tiempos y resultados del tratamiento.

Referencias

- Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., & Esparza-Ros, F. (2022). Methods for estimating biological maturation in developing and growing athletes: A literature review. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17(53). <https://doi.org/10.12800/ccd.v17i53.1925>
- Bedoya Antonio, J. C. (2016). Chronological age and cervical vertebral maturation among children and adolescents. *Rev. Cubana Pediatr.*, 43-53.
- Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara, J. A. (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>
- Byun, B.-R., Kim, Y.-I., Yamaguchi, T., Maki, K., & Son, W.-S. (2015). Quantitative Assessment of Cervical Vertebral Maturation Using Cone Beam Computed Tomography in Korean Girls. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/405912>
- Chen, L. L., Xu, T. M., Jiang, J. H., Zhang, X. Z., & Lin, J. X. (2008). Quantitative cervical vertebral maturation assessment in adolescents with normal occlusion: A mixed longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(6), 720.e1-720.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.03.014>
- Chung, E.-J. Y.-E.-H.-H.-Y.-Y.-H. (2024). Validación del análisis cefalométrico lateral 2D mediante tomografía computarizada de haz cónico de baja dosis procesada con inteligencia artificial. *Heliyon*, 21.

- Franchi, L., Baccetti, T., & McNamara, J. A. (2000). Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *118*(3), 335–340. <https://doi.org/10.1067/mod.2000.107009>
- Gabriel, D. B., Southard, K. A., Qian, F., Marshall, S. D., Franciscus, R. G., & Southard, T. E. (2009). Cervical vertebrae maturation method: Poor reproducibility. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *136*(4), 478.e1-478.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.08.028>
- Hassel, B., & Farman, A. G. (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *107*(1), 58–66. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(95\)70157-5](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(95)70157-5)
- Kavasoglu, N., Ertugrul, O. F., Kotan, S., Hazar, Y., & Eratilla, V. (2025). Artificial Intelligence-Assisted Wrist Radiography Analysis in Orthodontics: Classification of Maturation Stage. *Applied Sciences*, *15*(21), 11681. <https://doi.org/10.3390/app152111681>
- Kim, N.-H., Lee, J.-H., Lee, S., Choi, Y. J., Chung, C. J., Lee, K.-J., & Kim, K.-H. (2025). Growth Velocity and the Pubertal Growth Spurt Across Skeletal Maturity Stages in Class II Malocclusion: A Longitudinal Analysis. *Children*, *12*(12), 1612. <https://doi.org/10.3390/children12121612>
- Lamparski, D. G. (1972). Skeletal Age Assessment Utilizing Cervical Vertebrae. Master of Science Thesis, University of Pittsburgh.
- Lingam, S. K. (2022). El impacto del colecho durante menos de 6 meses sobre la ansiedad, los hábitos orales y la maloclusión infantil en una muestra española de entre 2 y 5 años: un estudio transversal. *Revista Europea de Ortodoncia*, 110-115.
- 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>

Magalhães, M. I., Machado, V., Mascarenhas, P., Botelho, J., Mendes, J. J., & Delgado, A.

S. (2022). Chronological age range estimation of cervical vertebral maturation using Baccetti method: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of*

Orthodontics, 44(5), 548–555. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjac009>

McNamara, J. A., & Franchi, L. (2018). The cervical vertebral maturation method: A user's guide. *The Angle Orthodontist*, 88(2), 133–143. <https://doi.org/10.2319/111517-787.1>

O'Reilly, M. T., & Yanniello, G. J. (1988). Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae--a longitudinal cephalometric study. *The Angle Orthodontist*, 58(2), 179–184. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1988\)058<0179:MGCAMO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1988)058<0179:MGCAMO>2.0.CO;2)

Perinetti, G., Bianchet, A., Franchi, L., & Contardo, L. (2017). Cervical vertebral maturation: An objective and transparent code staging system applied to a 6-year longitudinal investigation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(5), 898–906. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.09.026>

Proffit, W. R. (2019). *Contemporary Orthodontics* (7th ed.). Elsevier.

Ríos, R., Salas, J., Salazar, C., Salas, S., Flores, G., Tisnado, C., & Blanco, D. (2018).

Evaluación cuantitativa de la maduración ósea en vértebras cervicales con el uso de la tomografía computarizada Cone Beam. *Odontología Sanmarquina*, 21(1), 27–33.

Safavi, S. M., Beikahi, H., Hassanizadeh, R., Younessian, F., & Baghban, A. A. (2015).

Correlation between cervical vertebral maturation and chronological age in a group of Iranian females. *Dental Research Journal*, 12(5), 443–448.

<https://doi.org/10.4103/1735-3327.166192>

Scarfe, W. C., Farman, A. G., & Sukovic, P. (2006). Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal (Canadian Dental Association)*, 72(1), 75–80.