



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA  
MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA  
MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**ESPECIALISTA EN ESTOMATOLOGÍA DEL NIÑO Y DEL  
ADOLESCENTE**

**P R E S E N T A:**

**CD. DIANA ROSA FLORES MORALES**

**DIRECTOR: M.O. SILVIA VICTORIA SERVÍN HERNÁNDEZ**

**ASESOR: DRA. MARTHA A. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ**



**MÉXICO, D.F.**

**NOVIEMBRE 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mis padres  
Por su amor, trabajo y sacrificios todos estos años,  
gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy,  
Es un privilegio ser su hija.*

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento va dirigido a cada una de las personas que hicieron posible este logro.

Agradezco a mis padres, el Sr Raúl Flores y la Sra. Rosa Morales, por todo el apoyo que me han dado, su cariño, sacrificios y la confianza que me tuvieron para que yo llegara a este punto. Mi tarea, mi esfuerzo, mi tiempo, mi pasión no podrían haber transcurrido sin su ayuda.

Mi triunfo es suyo.

A mi hermano Gibrán, por su paciencia y ayuda todas las veces que lo he necesitado sin esperar nada a cambio.

A mi abuelita Guadalupe Rodríguez, mi tía Maricela Morales y mi tío Roberto Morales, por su presencia incondicional, todo su cariño, comprensión, sus consejos y motivación en cada momento de mi vida.

Quisiera agradecer a mi tutora; la M.O. Silvia Victoria Servín Hernández y a mi asesora, la Dra. Martha A. Sánchez Rodríguez, quienes contribuyeron de gran manera en este trabajo. Gracias por todo el apoyo incondicional, su orientación y el tiempo invertido en esta tesis.

También quisiera agradecer a la Dra. Martha Patricia Ortega Moreno, Coordinadora del diplomado de Atención Integrada de Maloclusiones de la CUAS Benito Juárez por permitirme recabar los datos de este proyecto.

Por último, agradezco a la UNAM y sobre todo a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por ser las instituciones que me formaron y por darme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente por medio de esta especialidad.

---

## ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	9
II.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	9
II.2 INDICADORES DE MADURACIÓN.....	10
II.3 DESARROLLO ÓSEO.....	11
II.4 EDAD DE MADURACIÓN ÓSEA.....	14
II.5 ANATOMÍA DE MANO Y MUÑECA.....	16
II.5.1 ESTADIOS EPIFISIARIOS.....	18
II.6 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EDAD ESQUELÉTICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES.....	19
II.6.1 ATLAS DE GREULICH Y PYLE.....	20
II.6.2 MÉTODO DE GRAVE Y BROWN.....	20
II.6.3 MÉTODO DE FISHMAN.....	26
II.7 ANATOMÍA VERTEBRAS CERVICALES.....	30
II.8 OSIFICACIÓN DE VERTEBRAS CERVICALES.....	32
II.9 CUADRO DE REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	41
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	49
IV. HIPÓTESIS.....	50
V. OBJETIVO.....	51
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	52
V.1 TIPO DE ESTUDIO.....	52
VI.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	52
VI.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	52
VI.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	52
VI.3 VARIABLES.....	53
VI.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	53

---

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN OSEA DE CARPAL

---

VI.5 TÉCNICAS.....	54
VI.5.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
VI.5.2 TÉCNICA DE OBSERVACIÓN.....	54
VI.5.3 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
VI.5.4 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN.....	55
VII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	56
VIII. RESULTADOS.....	57
IX. DISCUSIÓN.....	62
X. CONCLUSIÓN.....	67
XI. PERSPECTIVAS.....	68
XII. REFERENCIAS.....	69
XIII. ANEXOS.....	76

---

## RESUMEN

### ANTECEDENTES

La edad cronológica que rutinariamente se ha utilizado para evaluar el nivel de desarrollo y maduración del paciente, no siempre es un indicador confiable, es por eso que en casos de duda se utilizan como herramientas diversos indicadores de desarrollo como la edad ósea, que puede ser evaluada mediante una radiografía carpal o la medición de maduración de vertebras cervicales en una radiografía lateral de cráneo, método que continua siendo estudiado.

### OBJETIVOS

Determinar la confiabilidad clínica de la medición de la maduración ósea de cervicales con respecto a la maduración ósea carpal y la correlación entre los estadios de maduración ósea carpal y maduración ósea cervical.

### MÉTODOS

Se utilizaron radiografías cárpales y laterales de cráneo de una muestra de 187 niños (90 niñas y 97 niños) de edad entre 6 y 15 años para evaluar la edad ósea. El análisis de carpal se realizó de acuerdo al método de Fishman (SMI), mientras que el análisis de cervicales se llevó a cabo con la clasificación de Hassel y Farman (CVMI). Una vez obtenido el indicador de madurez de cada paciente en la radiografía carpal se correlacionó con las etapas de maduración cervical. Se utilizó la prueba de kappa y el coeficiente lineal de Spearman como pruebas estadísticas.

### RESULTADOS

Se obtuvo un alto grado de correlación entre los estadios de maduración carpal (SMI) y los estadios de maduración cervical (CVMI) con un valor de  $r=0.937$  ( $p < 0.0001$ ) en el total de la muestra. También se observa una disminución de la concordancia al relacionar los estadios CVMI y SMI con un valor de kappa de 0.61 ( $p < 0.0001$ ). Esta disminución se observa más claramente al relacionarlo por sexo, con un valor de kappa de 0.63 ( $p < 0.0001$ ) en los hombres y 0.57 ( $p < 0.0001$ ) en mujeres.

### CONCLUSIONES

El estudio de cervicales tiene un 61% de confiabilidad para predecir la etapa de crecimiento de los niños, siendo menor al esperado (80%). Solo en un porcentaje moderado la edad ósea de los sujetos los medidos con CVMI coincide con la edad ósea dada por Fishman.

**PALABRAS CLAVE:** edad ósea, radiografía carpal, vertebras cervicales

## **ABSTRACT**

### **BACKGROUND**

Chronological age that is routinely used to assess the level of development and maturation of the patient, is not always a reliable indicator, is why in cases of doubt many tools are used as indicators of development like the skeletal age, which can be evaluated by a hand-wrist radiograph or measuring the maturation of cervical vertebrae in a lateral head radiograph, but this method continues being studied.

### **OBJECTIVES**

Determinate clinical reliability of the cervical vertebrae measurement with regard to the hand-wrist maturation and the correlation between the stages of hand-wrist maturation and cervical maturation.

### **METHODS**

Hand-wrist and lateral head radiograph were used of a sample of 187 children (90 girls and 97 boys) aged between 6 and 15 years to evaluate the bone age. Carpal analysis was performed according to the method of Fishman (SMI), while cervical vertebrae analysis was carried out with Hassel and Farman rating (CVMI). Once obtained the maturity indicator of each patient in the hand-wrist radiograph it was correlated with the cervical vertebrae stages. Kappa test and linear coefficient of Spearman were used as statistical tests.

### **RESULTS**

A high degree of correlation between the stages of carpal maturation (SMI) and cervical vertebrae stages (CVMI) was reached with a value of  $r = 0.937$  ( $p < 0.0001$ ) in the total sample. A decrease in the agreement was also observed by relating the stages SMI and CVMI with kappa value of 0.61 ( $p < 0.0001$ ). This decrease is most clearly seen to relate it per sex, with a kappa value of 0.63 ( $p < 0.0001$ ) in men and 0.57 ( $p < 0.0001$ ) in women.

### **CONCLUSIONS**

The study of cervical has a 61% reliability in predicting the growth stage of the children, being lower than expected (80%). Only a moderate percentage skeletal age of subjects with measured with CVMI age match at those given by Fishman.

**KEYWORDS:** skeletal age, hand-wrist radiograph, cervical vertebrae



## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento humano se caracteriza por la variación considerable entre los individuos para alcanzar la maduración fisiológica; más aun, durante la fase adolescente varía en su inicio, intensidad y duración, siendo influenciado por diversos factores como los genéticos, los raciales, los climáticos, los nutricionales y los socio económicos.

La edad cronológica que rutinariamente se ha utilizado para evaluar el nivel de desarrollo y maduración del paciente, no siempre es un indicador confiable, es por eso que en casos de duda se utilizan como herramientas diversos indicadores de desarrollo como la talla, el peso, la edad ósea y la edad dental. Sin embargo, el único indicador que está disponible desde el nacimiento a la madurez es la edad esquelética.

La maduración esquelética se refiere al grado de desarrollo de osificación de un hueso y es uno de los parámetros más confiables para evaluar el crecimiento y desarrollo de un individuo. Teóricamente cualquier parte del cuerpo puede ser empleada en la valoración de la edad ósea, sin embargo se ha determinado la radiografía carpal como la más adecuada para esta valoración, debido a que la mano y muñeca poseen un gran número de huesos, epífisis y diáfisis en desarrollo por lo que resulta posible el seguimiento de los cambios a través de los años a medida que el individuo crece.

La medición de la maduración de vertebras cervicales (CVMI) es otro método de evaluar la maduración esquelética. Este método muestra un gran potencial para determinar la edad ósea del paciente. Se lleva a cabo en una radiografía lateral de cráneo en la cual se pueden analizar las primeras vertebras cervicales y por lo tanto estimar la etapa de crecimiento en que se encuentra el

paciente de una manera bastante aproximada a la información que puede dar una radiografía carpal.

La determinación de la maduración ósea y la evaluación del potencial de crecimiento del paciente son fundamentales para el diagnóstico y planeación de un tratamiento ortopédico-ortodoncico interceptivo.

El presente estudio se realiza con el propósito de determinar si es válido utilizar las vértebras cervicales tal y como aparecen en el cefalograma lateral de rutina, como un indicador para la valoración del crecimiento de un individuo en Odontología.

Al validar la confiabilidad de la estimación de la edad ósea en base a la maduración de las vertebras cervicales se podrá evaluar la etapa de crecimiento en que se encuentra el paciente prescindiendo de una radiografía carpal. Esto supone un beneficio para el paciente, ya que disminuye la necesidad de realizar exámenes radiológicos adicionales, reduce la radiación a la que es sometido el paciente, además del beneficio económico al emplear menos exámenes.

## II. MARCO TEÓRICO

El objetivo del tratamiento ortopédico temprano consiste en la corrección de las discrepancias esqueléticas, dentoalveolares y musculares, ya sea existentes o en proceso de desarrollo, con el objeto de preparar un mejor entorno orofacial antes de que la erupción de la dentición permanente se haya completado.<sup>1</sup>

Durante el tratamiento ortopédico, es muy importante la evaluación del crecimiento del individuo ya que algunos tratamientos se ven favorecidos si se realizan cuando el individuo se encuentra cerca del pico de crecimiento y en una etapa de desarrollo determinado.<sup>2</sup>

Por ello la necesidad por parte del profesional de conocer el grado de desarrollo en el que se encuentra el paciente y así, determinar el crecimiento que le resta, para enfocar cualquier tratamiento.<sup>3</sup>

### II.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El crecimiento y desarrollo son dos procesos de formación del ser humano desde su concepción hasta su muerte, los cuales son difíciles de diferenciar debido a que se llevan a cabo simultáneamente.<sup>4</sup>

**Crecimiento** se refiere a un incremento de las dimensiones de la masa corporal. Se da como resultado de hiperplasia (aumento de cantidad de células) e hipertrofia (aumento en el tamaño de la célula) de los tejidos del organismo. El crecimiento conlleva un aumento del peso y de las dimensiones de todo el organismo y de las partes que lo conforman.<sup>5</sup>

Este proceso se inicia en el momento de la concepción del ser humano y continúa a través de la gestación, infancia, niñez y adolescencia. El crecimiento es

inseparable del desarrollo y, por tanto, ambos están afectados por factores genéticos y ambientales.<sup>6</sup>

**Desarrollo** es el proceso mediante el cual los seres humanos logran mayor capacidad funcional de sus sistemas a través de los fenómenos de maduración, diferenciación e integración de funciones. Los estados de desarrollo usualmente se valoran con relación a los eventos físicos que tienen lugar durante el proceso de crecimiento, sin embargo se sabe que cada individuo presenta su propio patrón de crecimiento, el cual no siempre se refleja en su edad cronológica, sino en la edad biológica (edad ósea, dental y morfológica), que es la que nos dictamina el estado de madurez somática del individuo.<sup>7</sup>

El clínico debe tener presente los principios de crecimiento y desarrollo del complejo cráneo facial que le permitan identificar los cambios que suceden desde la niñez hasta la edad adulta. Establecer y medir de manera precisa, las etapas de este crecimiento activo son retos que debe afrontar el odontólogo para tomar decisiones con respecto a la realización de tratamientos terapéuticos que permitan su modificación.<sup>6</sup>

## II.2 INDICADORES DE MADURACIÓN

En la adolescencia existen muchas diferencias fisiológicas en el desarrollo de los individuos de la misma edad cronológica. Por esta razón las medidas de la madurez fisiológica son usadas en vez de la edad cronológica para la evaluación del desarrollo. Los indicadores más importantes de la etapa puberal son<sup>7,8</sup>

- ❖ El pico de crecimiento puberal (talla o estatura)
- ❖ El desarrollo gonadal y los caracteres sexuales secundarios
- ❖ Los cambios en la posición corporal (masa muscular, grasa)
- ❖ Edad de maduración ósea
- ❖ Edad de maduración dental<sup>2,8</sup>.

### II.3 DESARROLLO ÓSEO

El sistema endocrino es un sistema que coordina y regula funciones del cuerpo mediante la liberación de mensajeros químicos llamados hormonas, las cuales son producidas por glándulas liberadas en el torrente sanguíneo para llegar a sus dianas celulares. Además el sistema endocrino es el encargado de regular procesos fisiológicos como el metabolismo, crecimiento y desarrollo.<sup>9</sup>

El tejido óseo, al igual que el resto de tejidos del organismo humano, sufre un proceso de crecimiento y desarrollo, desde la vida intrauterina hasta la edad adulta. La curva de crecimiento se inicia con altas tasas de crecimiento en la época del nacimiento, y una fase de desaceleración durante la infancia, seguida de aceleración alrededor de los 6-7 años de edad y de un significativo pico durante la adolescencia.<sup>10</sup>

Los eventos de la pubertad se presentan en el cerebro cuando las células del hipotálamo empiezan a secretar sustancias, llamadas factores des-inhibidores, que son llevadas hacia un área vascular rica en la base del hipotálamo y, después a la glándula pituitaria por medio del sistema porta pituitario. Allí, estas sustancias estimulan las células pituitarias a producir gonadotropinas: hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH), cuya función principal es la de estimular las glándulas endocrinas y desarrollar los órganos sexuales, para que éstos produzcan otras hormonas.<sup>10</sup>

En los hombres, las células de los testículos producen la testosterona, hormona sexual masculina; y en las mujeres la secreción de estrógenos y progesterona se produce en los ovarios. Bajo el estímulo de las gonadotropinas pituitarias estas hormonas son liberadas de los testículos y los ovarios al torrente sanguíneo, en cantidades suficientes para generar los cambios en los caracteres sexuales secundarios, acelerar el crecimiento corporal general y permitir la inducción de algunos tejidos linfoides como el timo.<sup>11</sup>

---

En individuos de una misma edad cronológica hay una gran variación en la aparición de estas hormonas, dando como resultado una gran variedad en la aceleración del crecimiento prepuberal. Las hormonas sexuales estimulan los huesos a crecer y madurar más rápido, hasta producir el pico máximo de crecimiento en la adolescencia.<sup>12</sup>

Hagg y Taranger en 1982 analizaron un grupo de 212 niños desde el nacimiento hasta la edad adulta, y reportaron una diferencia de dos años entre hombres y mujeres en el inicio, pico y término del crecimiento prepuberal.<sup>13</sup>

Entre los seis a ocho años de edad, dos tercios de la población infantil presenta moderada aceleración del crecimiento. El incremento en la velocidad de crecimiento se da alrededor de los 10 y 12 años para las mujeres y de los 12 a 14 años para los hombres. Tal aceleración se acompaña de la osificación paulatina de los cartílagos de crecimiento hasta finalizar a una edad esquelética de 15 años en niñas y 17 a 18 en varones.<sup>11</sup>

El tejido óseo se considera un tejido conectivo especializado que se caracteriza por su rigidez y gran resistencia, tanto a la tracción como a la compresión, está constituido por cuatro componentes microestructurales: células, matriz orgánica, matriz inorgánica y factores solubles de señal integrados dentro de éste.<sup>14</sup>

Los osteoblastos, los osteocitos y los osteoclastos son las células identificables en el tejido óseo.<sup>9</sup>

**Osteoblastos:** Derivan de células mesenquimatosas pluripotenciales, también llamadas células madre. Son células polarizadas diferenciadas que sintetizan el colágeno y la sustancia fundamental ósea. Participan en el proceso de mineralización de la matriz orgánica produciendo vesículas de matriz que acumulan iones Calcio y Fosfato y son ricas en fosfatasa alcalina y pirofosfatasa, enzimas que inducen la creación de centros de nucleación para el depósito de las sales minerales. Su vida activa se encuentra entre una y diez semanas; al final de este

periodo toman dos destinos posibles: convertirse en osteocitos o permanecer en la superficie del tejido óseo recién formado, aplanándose y constituyendo las células de revestimiento óseo.<sup>9</sup>

**Osteocito:** Es la célula ósea madura, relativamente inactiva. Su nutrición depende de canalículos que penetran la matriz ósea y se conectan a los otros osteocitos por sus extensiones. La nutrición ósea se realiza a través de canales vasculares que penetran al hueso o se ubican en las membranas conjuntivas que revisten el periostio y el endostio.<sup>9</sup>

**Osteoclasto** es la célula encargada del mantenimiento de la homeostasis ósea. Son capaces de sintetizar y reabsorber, en forma limitada, componentes de la matriz ósea (osteólisis osteocítica) regulando la calcemia.<sup>9</sup>

La osificación u osteogénesis es el proceso de formación de tejido óseo. Hay dos tipos de osificación que tienen lugar durante la maduración esquelética.<sup>15</sup>

#### **Osificación intramembranosa**

El hueso desarrolla una membrana sin que exista un precursor cartilaginoso que preceda a la aparición del tejido óseo, en donde la membrana que se forma de tejido conectivo, ocupa el lugar del futuro hueso, formando el periostio<sup>14</sup>.

#### **Osificación endocondral**

Requiere la presencia de una matriz cartilaginosa; en un hueso largo este proceso empieza en el centro o diáfisis y, después se extiende hacia los dos extremos o epífisis, las cuales, por algún tiempo permanecen siendo cartílago o lo que se conoce como placas epifisarias, después comienza un proceso similar en uno o más lugares en los extremos y, gradualmente, se extiende a todo lo largo y los extremos no se unen al cuerpo mediante tejido óseo sino cuando ha terminado el crecimiento.<sup>15</sup>

En ambos tipos de osificación, la formación de hueso depende esencialmente de la producción de tejido óseo por los osteoblastos y su eliminación posterior por los osteoclastos.<sup>14</sup>

El proceso de osificación endocondral da la posibilidad de medir el desarrollo, la maduración y la fusión de acuerdo con una secuencia de eventos y tiempo que parte desde la concepción y el nacimiento hasta llegar a la madurez sexual. La secuencia de los eventos en cada hueso largo, es esencialmente, la misma en todos los individuos sin importar si este está avanzado o retrasado en relación con la edad cronológica. Se sabe que ha llegado a una etapa final de la maduración esquelética cuando se observa la fusión de la epífisis con cada extremo de la diáfisis, momento en el cual se completa la calcificación.<sup>16</sup>

#### II.4 EDAD DE MADURACIÓN ÓSEA

Consiste en la medición del avance del desarrollo de los huesos, a través del análisis radiográfico, basado en el reconocimiento de indicadores específicos de madurez. Cada hueso comienza con un centro primario de osificación que crecerá progresivamente a la vez que se remodela, pudiendo adquirir una o más epífisis al cuerpo del hueso.<sup>17</sup>

La edad ósea permite predecir cuando se producirá el pico de crecimiento puberal en el individuo. El **pico de crecimiento puberal (PCP)** es la etapa donde el crecimiento del organismo llega a su máxima aceleración, siguiendo de esta etapa de desaceleración, en las cuales se produce un crecimiento lento. Observando los niveles de madurez del niño, es posible hacer una estimativa de cuando alcanzará la pubertad o incluso el PCP. Esta estimativa es muy variable y diferentes individuos llegan al mismo estadio de desarrollo en diferentes edades cronológicas. Algunos niños tienen una maduración lenta y alcanzan el pico de



crecimiento puberal en edades avanzadas, mientras que otros, con maduración más rápida lo alcanzan en edades menores.<sup>18,19</sup>

En Odontología esta información es útil en el diagnóstico y planeación de un tratamiento de ortodoncia o de ortopedia, ya que se debe considerar si el tratamiento se debe acelerar o retardar en un paciente, sobre todo en los casos en los que existan discrepancias esqueléticas.<sup>20</sup>

La etapa de progresión de maduración esquelética suele presentar diferencias de sexo. En las niñas el brote puberal de crecimiento se inicia temprano en la pubertad y se completa casi totalmente en la menarquía a una edad esquelética de trece años aproximadamente; en los varones el brote puberal se registra hacia el final de la pubertad, en una media de dos años más tarde que en las niñas.<sup>21</sup>

La menarquía se presenta habitualmente un año después de haberse alcanzado el pico máximo de velocidad de crecimiento y el porcentaje del crecimiento total alcanzado en este punto corresponde al 90%. Después de esto, se limita el crecimiento lineal porque la producción de esteroides gonadales acelera la fusión de la epífisis de los huesos largos.<sup>22, 23</sup>

En México, Méndez-Estrada en un estudio realizado en una muestra de 857 mujeres entre 7 y 17 años determinó que la edad promedio de aparición de la menarquía es a los  $12,06 \pm 0,44$  años y se presenta de manera tardía en niñas de estratos sociales bajos en comparación con aquellas de estratos altos.<sup>24</sup>

En 1895 Roentgen demostró su nuevo descubrimiento radiográfico, y luego Roland en 1896 introdujo la idea de usar el tamaño y forma comparativos de las sombras radiográficas de los huesos en crecimiento como un indicador de la tasa de crecimiento y maduración.<sup>2</sup>

Aunque teóricamente cualquier parte del cuerpo puede ser empleada para su determinar la edad ósea, en la práctica se utiliza más comúnmente los huesos de la mano y del carpo especialmente después del primer año de vida, debido a que poseen un gran número de huesos en desarrollo, lo cual facilita el seguimiento de su maduración y sus cambios a través de los años.<sup>25</sup>

También se han estudiado diferentes áreas del esqueleto como una búsqueda de nuevos indicadores de maduración; entre éstos se encuentran el hombro, codo, cadera, rodilla, pie y vertebras cervicales.<sup>26</sup>

Los eventos de tiempo y maduración en el complejo cráneo facial, así como la iniciación de la adolescencia para tratar de detectar el pico de crecimiento de un individuo en particular, se puede medir con cierta certeza con métodos radiológicos de bajo costo, poco invasivo y fáciles de obtener.<sup>20</sup>

## **II.5 ANATOMÍA DE MANO Y MUÑECA**

Los huesos carpales fueron identificados por Lyser en 1683, quien los describió como huesos cortos, esponjosos, envueltos en una fina capa de hueso compacto.<sup>27</sup>

La mano está formada por 27 huesos, que se divide en tres partes: carpo, metacarpo y dedos, además del sesamoideo. La muñeca está compuesta de dos huesos largos: el radio y el cubito cada uno con su epífisis.<sup>28</sup>

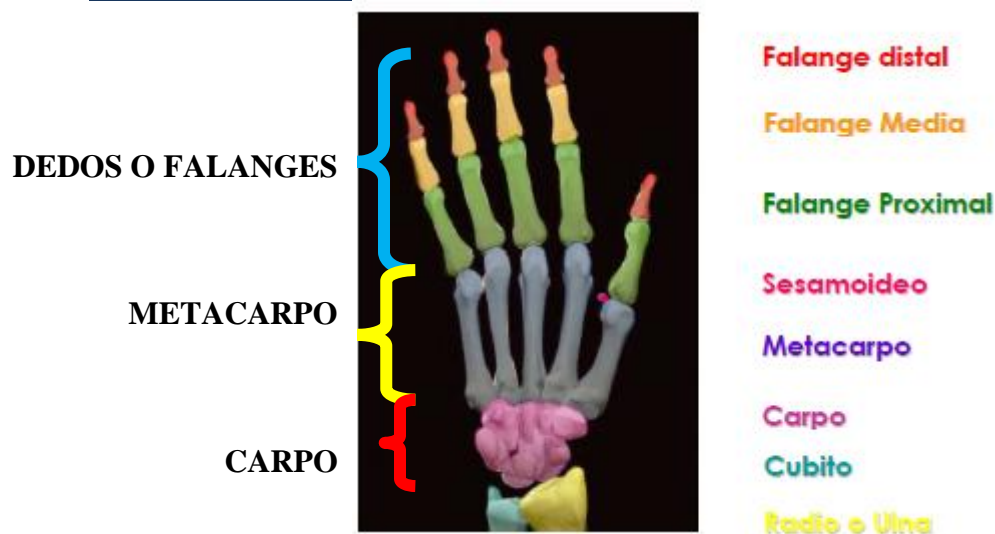


Figura II.1 Huesos de la mano. (Tomado de Torres 2010)<sup>20</sup>

El carpo está constituido por ocho huesos dispuestos en dos filas y son: grande o capitatum, ganchoso o hamatum, piramidal, pisiforme, semilunar, escafoide, trapecio y trapezoide.<sup>29</sup>

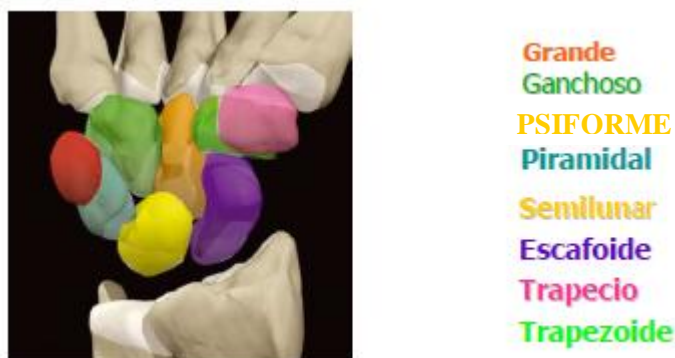


Figura II. 2 Huesos del carpo. (Tomado de Torres 2010)<sup>20</sup>

El metacarpo está formado por cinco huesos largos con su epífisis (extremo) y diáfisis (parte media del hueso). Se enumeran del uno al cinco. La epífisis 1 es proximal mientras que las demás son distales.<sup>29</sup>

Los dedos en número de cinco, tiene cada uno tres falanges con sus epífisis proximales: proximal, media y distal. El dedo pulgar es el único que tiene dos falanges, la proximal y distal.<sup>27</sup>

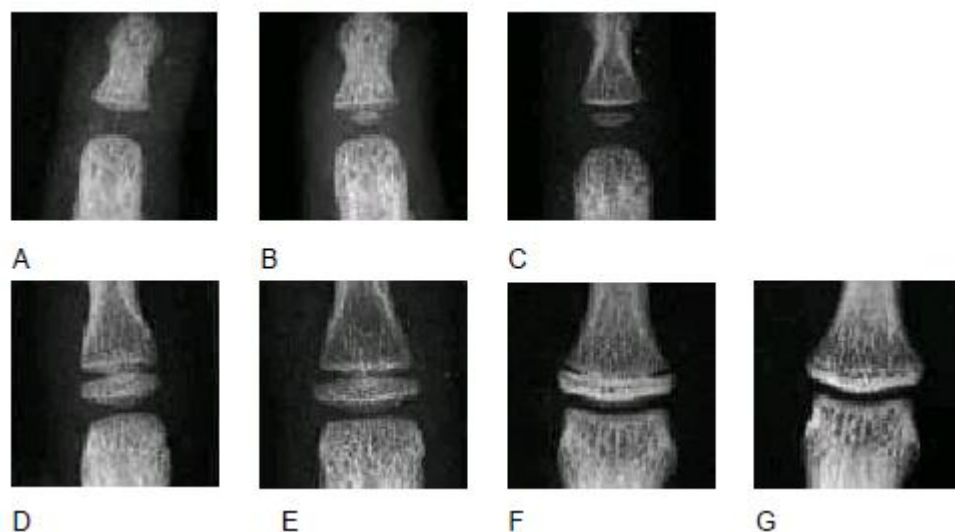
El hueso sesamoideo medial (abductor sesamoideo) se encuentra ubicado en la parte interna y distal del metacarpo del dedo pulgar.<sup>20</sup>

### II.5.1 ESTADIOS EPIFISIARIOS

En las falanges se observan: la diáfisis, que es el centro primario de crecimiento y las epífisis que son los secundarios. Los estadios epifisarios son la manera en que la epífisis inicia y aumenta su osificación hasta que se une a la diáfisis en los huesos largos. Este proceso ocurre en falanges distales, después en las proximales y por último en las medias; y se ubica primero en el pulgar en dirección al meñique.<sup>30</sup>

Los estadios de crecimiento de los dedos se valoran según la relación epífisis-diáfisis, que son 3 diferentes:

- ❖ Las epífisis se ven del mismo ancho que la diáfisis
- ❖ Las epífisis emiten prolongaciones que envuelven la diáfisis
- ❖ Fusión entre epífisis y diáfisis hasta que se visualiza una línea de unión lo que determina el final del crecimiento.<sup>31</sup>



**Figura II. 3** Imágenes radiográficas donde se muestra el progreso de los estadios epifisarios de una falange. Estos nos brindan una base para poder valorar el estado de desarrollo óseo de cada uno de ellos. (Tomado de Torres 2010)<sup>20</sup>

## II.6 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EDAD ESQUELÉTICA EN RADIOGRAFÍAS CARPALES

En la práctica clínica la mano y el carpo son utilizadas especialmente después del primer año de vida debido a que poseen un gran número de huesos y epífisis en desarrollo, por lo cual resulta posible el seguimiento de los cambios a través del tiempo a medida que el individuo crece. Además se facilita su examen radiográfico con mínima exposición radiológica al resto del cuerpo. Es por ello que actualmente es considerada el estándar de oro para la evolución de la edad ósea.<sup>32</sup>

Prior en 1907 fue uno de los primeros investigadores en darse cuenta de la importancia biológica de la variable densidad ósea en la radiografía de mano infantil y estableció tres principios importantes.<sup>29</sup>

- 1.- Los huesos de las niñas se osifican antes que los de los niños.
- 2.- Independientemente de las variaciones que ocurren dentro de la normalidad la osificación es simétrica.
- 3.- La variación en la osificación de los huesos es un rasgo hereditario.<sup>33</sup>

En 1909 Prior en colaboración con Roth y Crampton empezaron a tabular indicadores de maduración en radiografías de mano y muñeca y concluyeron que la muñeca puede aceptarse como un testigo del desarrollo en general.<sup>29</sup>

Para la evaluación de la edad ósea se obtiene una radiografía de la mano no dominante del paciente, mano izquierda para diestros y derecha para zurdos, ya que puede haber una ligera diferencia en el desarrollo óseo con respecto a la otra debido a su uso constante; su interpretación se basa en diferentes indicadores de desarrollo y maduración previamente establecidos que aparecen regular y secuencialmente.<sup>33</sup>

### **II.6.1 ATLAS DE GREULICH Y PYLE**

La primera guía práctica para el clínico fue el Atlas de la mano y la muñeca hecho por T. Wingate Todd, quién en 1931 comenzó un estudio longitudinal tomando una serie de radiografías periódicas de manos y muñeca en niños caucásicos en crecimiento. Posteriormente, Greulich y Pyle continuaron con su estudio utilizando los estándares derivados de éste y publican en 1950 el Atlas de Radiografías del desarrollo esquelético de la mano y la muñeca.<sup>25,34</sup>

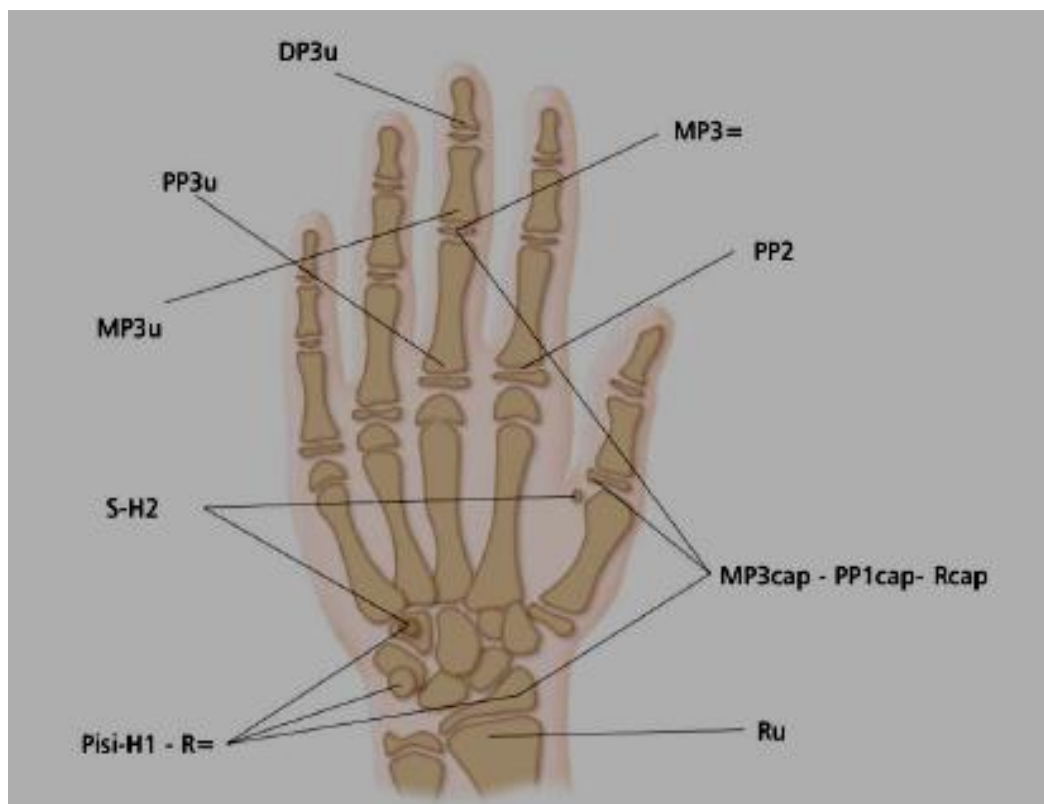
Los estándares se establecieron cada mes durante el primer año de vida, en intervalo de seis meses hasta el quinto año y anualmente de allí en adelante. Cada estándar es acompañado de una descripción de los indicadores de madurez que ocurren típicamente tanto en niñas como en niños en una determinada edad cronológica. Contiene además tablas medias y desviaciones estándar de la edad ósea, lo cual es una información útil para determinar el grado de retraso o aceleración de la maduración esquelética en desviaciones estándar comparadas con la edad cronológica.<sup>35</sup>

Para hacer el estudio se recomienda utilizar la mano izquierda por considerarla menos sometida a traumas o agentes exteriores que pudieran influir en la configuración anatómica de los diferentes huesos. Una valoración satisfactoria de la radiografía de la mano debe hacerse comparándola cuidadosamente con la ilustración del Atlas y con el estándar del mismo sexo y edad cronológica más cercana. Una vez encontrado el estándar que superficialmente se parece más a la radiografía del individuo, se debe hacer una evaluación más detallada de los huesos y epífisis individualmente.<sup>36</sup>

### **II.6.2 MÉTODO DE GRAVE Y BROWN**

En 1972 Bjork en su estudio basado en radiografía carpal divide el proceso de maduración en 8 estadios evolutivos, sin embargo Grave y Brown lo clasifican en 9 estadios en 1976. Tiene la ventaja sobre otros que no necesita atlas

específico para comparaciones, los cuales no siempre están al alcance de los clínicos <sup>37</sup>



**Figura II. 4** Esquema que señala la situación de los diferentes períodos de desarrollo utilizados en el estudio de Bjork, Grave y Brown. (Tomado de Tedaldi 2007) <sup>35</sup>

Las características del estado de osificación se identifican a nivel de las falanges, huesos del carpo y radio y se valoran según la relación entre la epífisis y la diáfisis. <sup>38</sup>

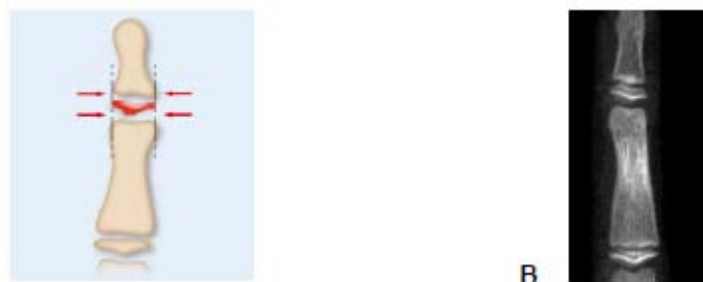
**Primer estadio: PP2 =** Es el inicio de la calcificación. Se caracteriza porque la epífisis de la falange proximal del dedo índice (PP2) muestra igual anchura que la diáfisis. Comienza aproximadamente 3 años antes del PMCP (Pico máximo de crecimiento puberal). <sup>35,37</sup>



**Figura II. 5 (PP2)** Primer estadio de desarrollo.

(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Segundo estadio: MP3** = La epífisis de la segunda falange del dedo medio (MP3) muestra la misma anchura de la diáfisis.<sup>35,37</sup>



**Figura II. 6 (MP3)** Segundo estadio de desarrollo.

(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Tercer estadio: Pisi, H1 y R** = Se valora de acuerdo a tres características de osificación que aparecen de modo secuencial pero bastante próximo:

- ❖ Estadio **Pisi** = osificación visible del hueso pisiforme.
- ❖ Estadio **H1** = osificación de la apófisis unciforme del hueso ganchoso .
- ❖ Estadio **R** = anchura equivalente de la epífisis y diáfisis del radio.

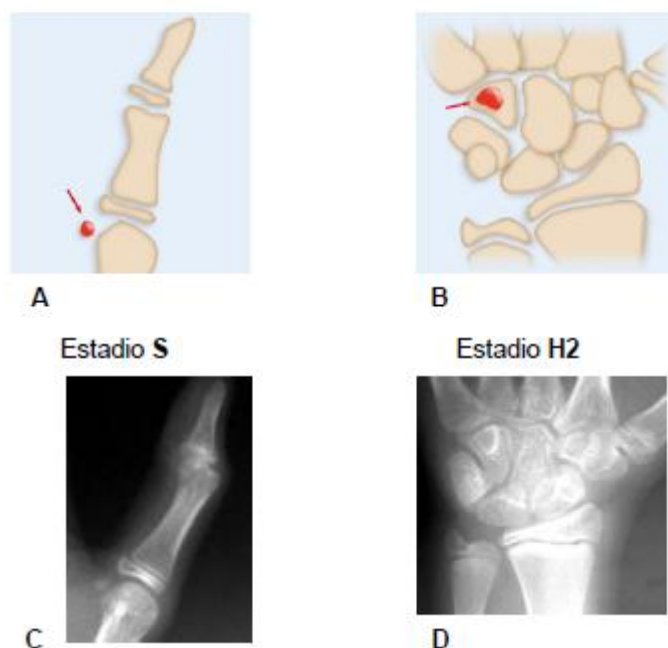
Cuando ya termina el crecimiento de los huesos y se funden la epífisis y la diáfisis formándose una especie de línea blanquecina en el sitio de la unión.<sup>35, 37</sup>





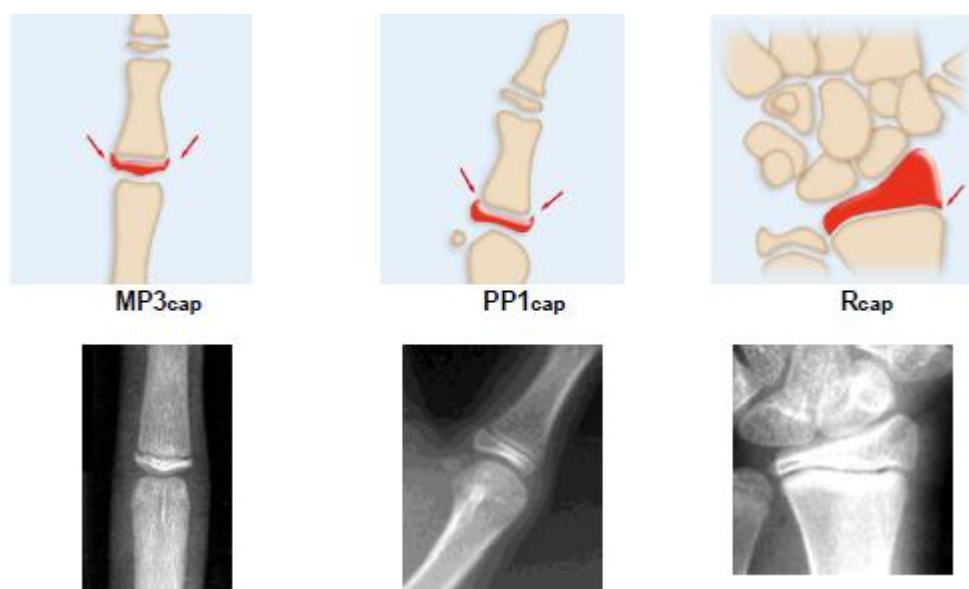
**Figura II.7** Tercer estadio de maduración. Se señalan las tres características de osificación que lo caracteriza: Estadio **Pisi** (7) Estadio **H1** (5) y Estadio **R** = (10), B y C se muestran su imagen radiográfica. (Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Cuarto estadio: S y H2** Se alcanza poco antes o al inicio del brote puberal de crecimiento. Se señalan en el dos características, **Estadio S** inicio de la calcificación del hueso sesamoideo cubital de la articulación metacarpo-falángica del pulgar y estadio **H2** osificación avanzada de la apófisis unciforme del hueso ganchoso.<sup>35, 37</sup>



**Figura II.8** Situación de las dos características de osificación Observadas en el estadio cuarto. (Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Quinto estadio: MP3cap, PP1cap, Rcap.** Esta fase coincide con el brote máximo de crecimiento puberal. La diáfisis rodea la epífisis en forma de capuchón e indica que el proceso se desarrolla en la segunda falange del dedo medio. El estadio **PP1cap**, en la falange proximal del pulgar y el estadio **Rcap** en el radio.<sup>35, 37</sup>



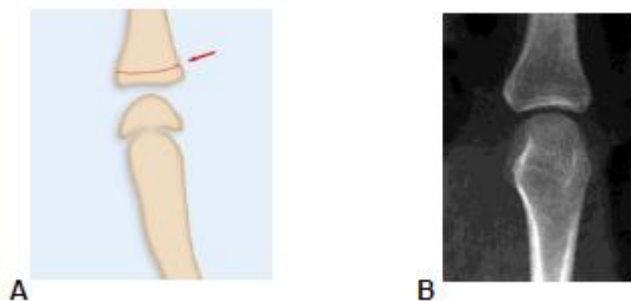
**Figura II.9** Se señalan las tres características que comprende el quinto Estadio. (Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Sexto estadio: DP3u** Es la fusión visible de la diáfisis y la epífisis de la falange distal del dedo medio. Al alcanzar este estadio termina el brote puberal de crecimiento.<sup>35, 37</sup>



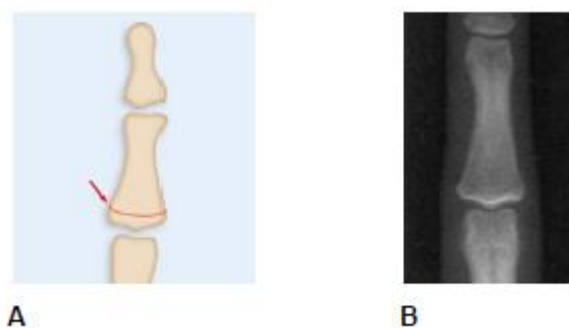
**Figura II.10** Sexto estadio (DP3u)  
(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Séptimo estadio PP3u** Se observa la fusión visible de la epífisis y la diáfisis de la falange proximal del dedo medio.<sup>35, 37</sup>



**Figura II.11** Séptimo estadio de maduración (PP3u).  
(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Octavo estadio. MP3u** Muestra la fusión visible de la epífisis y diáfisis de la segunda falange del dedo medio.<sup>35,37</sup>



**Figura II. 12** Octavo estadio de maduración ( MP3u)  
(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

**Noveno estadio Ru** Se observa la osificación completa de la epífisis y diáfisis del radio y habrá terminado la osificación de todos los huesos de la mano, y al mismo tiempo el crecimiento óseo.<sup>35, 37</sup>



**Figura II. 13** Noveno estadio de maduración (**RU 32**)  
(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

Según estos indicadores, el odontólogo puede conocer en qué fase del crecimiento se encuentra el paciente en un momento determinado y así establecer el plan de tratamiento según los requerimientos propios. Si un paciente requiere correcciones esqueléticas ortopédicas, se le insta el tratamiento en el momento apropiado según la fase o estadio de maduración en la que se encuentre.<sup>39</sup>

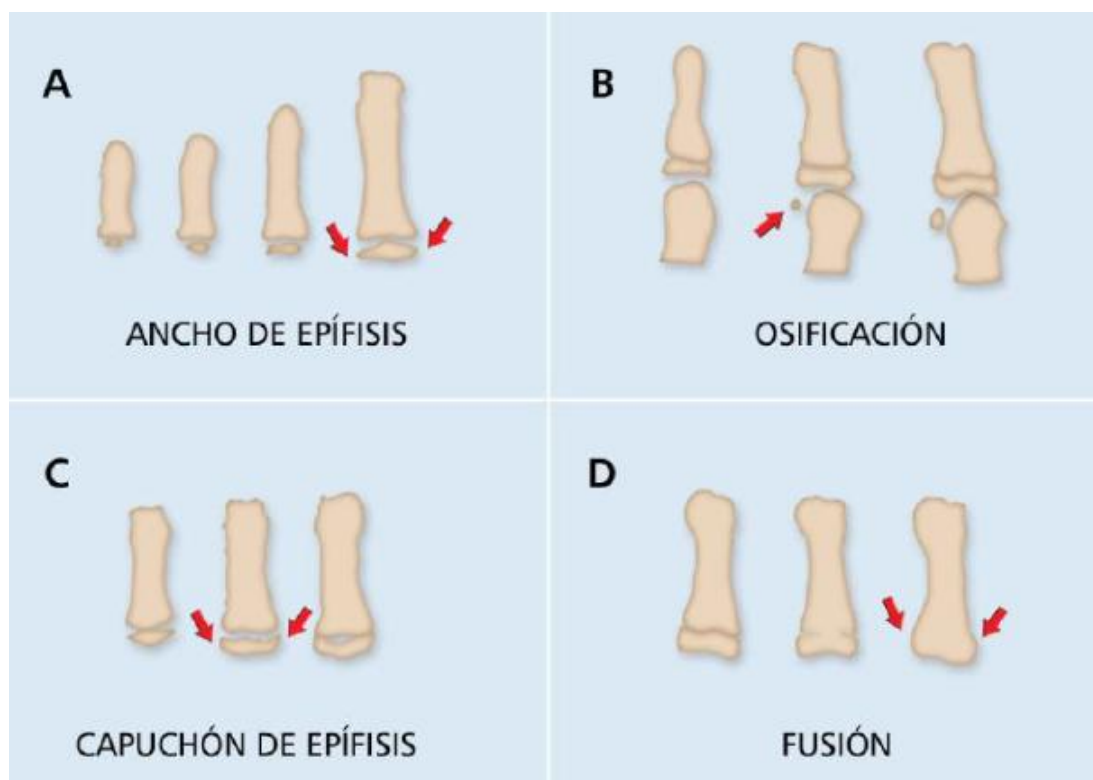
### II.6.3 MÉTODO DE FISHMAN

Fishman en 1982 desarrollo un sistema de evaluación de maduración esquelética (SMI), tanto en un grupo longitudinal de 170 mujeres y 164 hombres durante 25 años aproximadamente, como en un grupo transversal que incluía 1100 radiografías de la mano de pacientes tratados ortodoncicamente y no encontró mayores diferencias en los picos de crecimiento de ambos grupo, sin embargo para llegar a esto usaron solo edades de maduración promedio.<sup>40</sup>

El sistema usa sólo cuatro fases de maduración del hueso, todos ubicados en seis sitios anatómicos localizados en el dedo pulgar, tercer dedo, quinto dedo y radio. Once discretos indicadores de maduración esquelética se encuentran cubriendo el período entero de desarrollo adolescente en estos seis sitios.<sup>41</sup>

## CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

La secuencia de los cuatro estadios de osificación incluye amplitud epifisiaria, osificación del sesamoideo, cubrimiento de la epífisis sobre las diáfisis y por último la fusión de dichas epífisis sobre las diáfisis.<sup>40</sup>



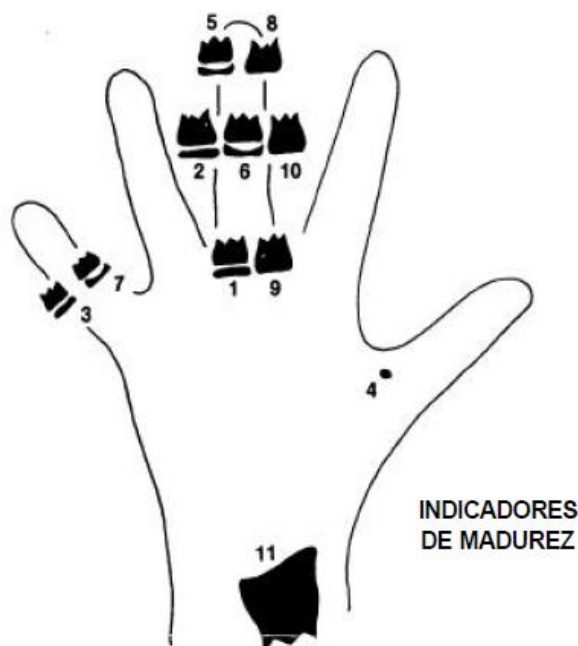
**Figura II.14** Estadios epifisarios de las falanges.

(Tomado de Tedaldi 2007)<sup>35</sup>

Para la evaluación de Fishman se toman en cuenta 11 indicadores de maduración carpal que se desglosan como sigue:

- I. Ensanchamiento de la epífisis
  - SMI1. Tercer dedo, falange proximal.
  - SMI 2: Tercer dedo, falange medial.
  - SMI 3: Quinto dedo, falange media.
- II. Osificación
  - SMI 4: Abductor sesamoideo

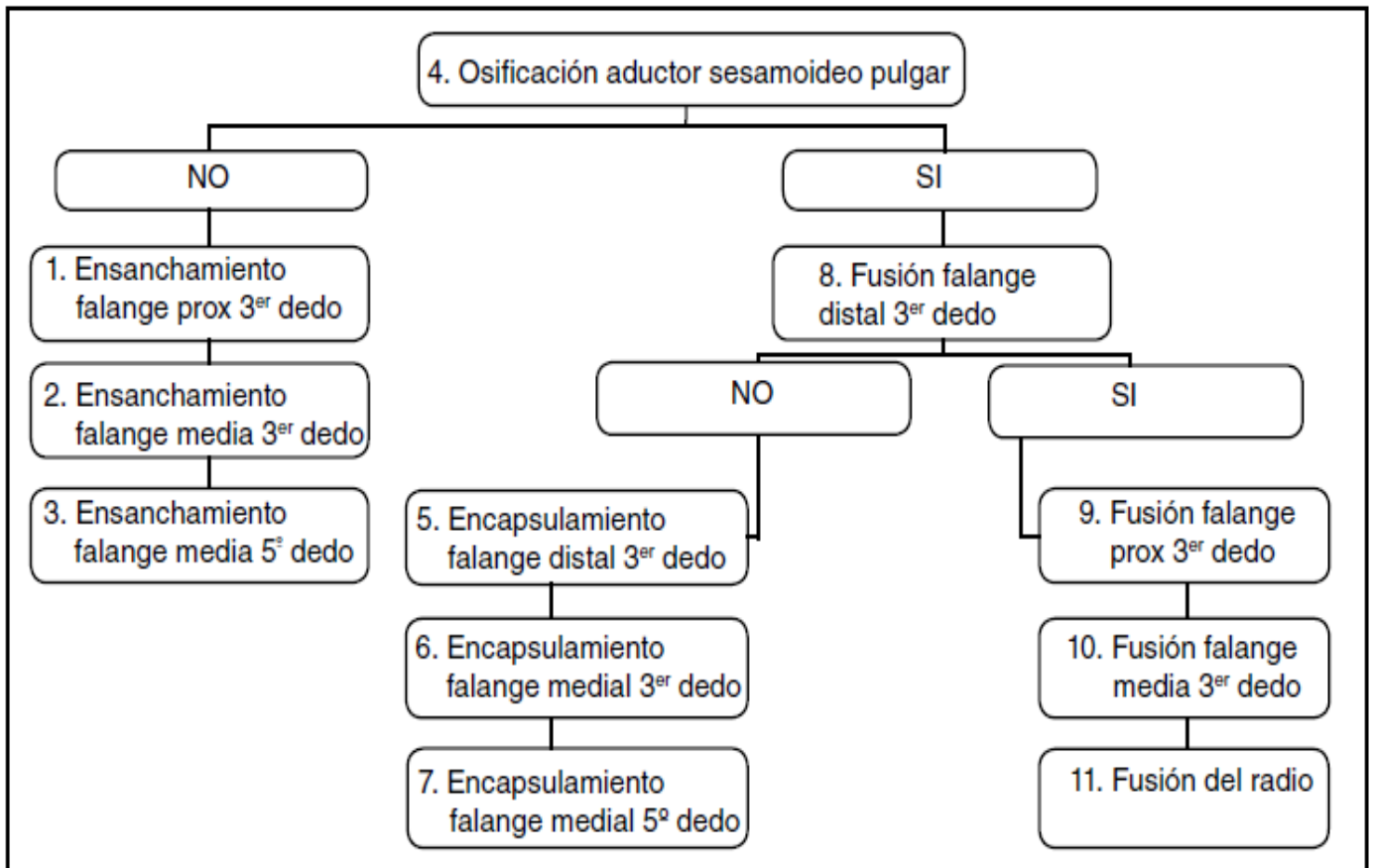
- III. Encapsulamiento de la epífisis
  - SMI 5: Tercer dedo, falange distal
  - SMI 6: Tercer dedo, falange media.
  - SMI 7: Quinto dedo, falange media
- IV. Fusión de la epífisis y diáfisis
  - SMI 8: Tercer dedo, falange distal
  - SMI 9: Tercer dedo, falange proximal
  - SMI 10: Tercer dedo, falange media.
  - SMI 11: Fusión del radio.<sup>40, 41</sup>



**Figura II.15** Once indicadores de maduración esquelética encontrados en seis sitios para evaluar la edad ósea mediante radiografía mano muñeca según el método de Fishman. (Tomado de Caballero 2005)<sup>41</sup>

Para el análisis carpal con este método, un primer paso es determinar si es posible observar o no la osificación del sesamoideo. Si no es posible el paso a seguir está asociado más con la amplitud epifisaria que con la fusión, mientras que

si el sesamoideo es visible el sistema se guía más por el cubrimiento o fusión epifisiaria.<sup>40,42</sup>



**Figura II.16** Esquema de observación para evaluar las etapas de Fishman en la radiografía mano-muñeca. (Tomado de Zurita 2009)<sup>8</sup>

La maduración esquelética está influenciada en cada individuo por una combinación de factores genéticos y ambientales. La secuencia y tiempo de la maduración esquelética en mano y muñeca muestra polimorfismo y dimorfismo sexual lo cual puede limitar cualquier uso predictivo. Kimura señaló que el crecimiento de hombres y mujeres sigue un proceso similar hasta los 8 años. Después de esta edad, las niñas experimentan una aceleración precoz del crecimiento, además demostró que los huesos de las manos de las mujeres alcanzan la madurez a la edad de 16 años comparada con la edad de 18 que se produce en los varones.<sup>42,43</sup>

Ramos en 2005 realizó un estudio con 180 radiografías carpales, 90 para cada sexo. El objetivo fue determinar el momento de aparición de los estadios de maduración esquelética con el método de Fishman. Concluyó que los estadios de maduración en mujeres se presentaron 1.64 años en promedio antes que los varones. El pico máximo de velocidad de crecimiento se presentó a los 10.83 años en mujeres y 13.95 en hombres. La correlación entre los EME y la edad fue de 0.875 en varones y 0.922 para mujeres, con una  $p < 0.001$ .<sup>27</sup>

Hagg y Taranger en 1979 utilizaron radiografías cárpales en niños y llegaron a la conclusión que si el hueso sesamoideo no aparece calcificado aun no se ha llegado al pico de la aceleración del crecimiento, y que si el hueso sesamoideo se observa calcificado el paciente está en el periodo de aceleración del crecimiento.<sup>13</sup> Chalasani y cols mencionan que este pico de crecimiento coincide con el cubrimiento de la epífisis en la diáfisis del tercer dedo en la falange distal, el tercer dedo en su falange media y el quinto dedo en la falange media (SMI 5, SMI 6 y SMI 7); y la fase de maduración toma lugar cuando comienza la fusión de la epífisis con la diáfisis del tercer dedo en la falange distal (SMI 8).<sup>30</sup>

## II.7 ANATOMÍA VERTEBRAS CERVICALES

La columna vertebral en su totalidad está compuesta por treinta y tres vértebras: siete cervicales, doce torácicas, cinco lumbares, cinco sacras y cuatro coccígeas, de ellas únicamente las primeras veintisiete son capaces de producir movimientos.<sup>44</sup>

La columna vertebral cervical consta de siete vertebras y forma la principal conexión entre el cuello, el tronco y las extremidades.





**Figura II.17** Columna vertebral cervical.

(Tomado de Ortiz 2006)<sup>46</sup>

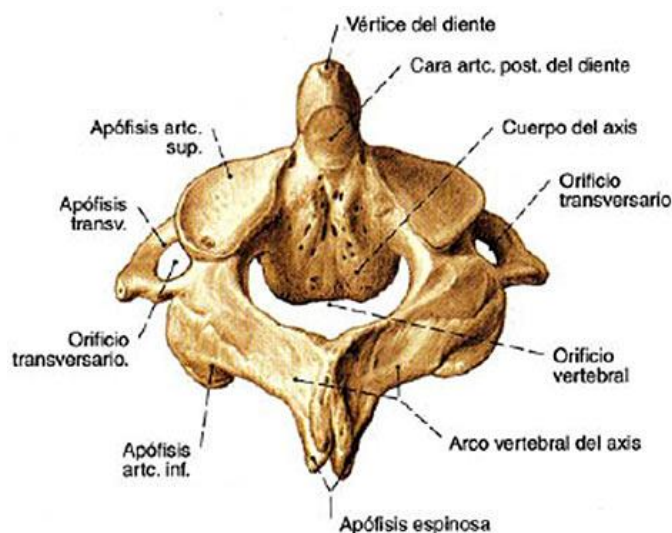
Las características que las distinguen es que su cuerpo vertebral es más pequeño y más ancho de lado a lado que anteroposteriormente, la cara superior es cóncava y la inferior convexa. Su foramen vertebral es grande y triangular. Poseen apófisis transversas por donde pasan las arterias vertebrales, excepto en C7 donde existe el agujero, pero la arteria no discurre por él. Sus apófisis articulares superiores tiene dirección superoposterior y las inferiores dirección inferoanterior. Las apófisis espinosas de C3 a C5 son cortas y bífidas; la de C6 es larga, pero la de C7 es más larga y fácilmente palpable.<sup>45,46</sup>

Las dos primeras vértebras cervicales, Atlas y Axis, anatómicamente presenta rasgos propios particulares.<sup>45</sup>

El Atlas o primera vértebra cervical presenta ausencia del cuerpo vertebral y de la apófisis espinosa, presenta un arco anterior, uno posterior y dos masas laterales que en conjunto se disponen en forma de anillos. Presenta apófisis transversa.<sup>47</sup>

El Axis es la segunda vértebra cervical, es el mayor y más fuerte de los segmentos cervicales. Su característica diferencial es la apófisis odontoides propia

y única de esta vértebra, su función principal es servir de pivote de la rotación del Atlas. Las restantes vértebras cervicales presentan una anatomía similar entre sí.<sup>47</sup>



**Figura II.18** Segunda vértebra cervical.

(Tomado de Ortiz 2006)<sup>46</sup>

Las vértebras cervicales, como cualquier otra parte del organismo sufren una serie de cambios a medida que el individuo se desarrolla. Knutsson en 1961 describió el crecimiento que tiene lugar en las vértebras del ser humano después del nacimiento, tanto en sentido vertical como horizontal; las vértebras cervicales presentan unos patrones de desarrollo y unos núcleos de osificación comparables a los huesos de la muñeca y de la mano, por lo tanto se pueden utilizar para valorar la edad ósea del individuo, estudiando la modificación de las vértebras en cuanto a forma y tamaño.<sup>46,48</sup>

## II. 8 OSIFICACIÓN DE VERTEBRAS CERVICALES

La edad vertebral se basa en la evaluación de diversos eventos de maduración y desarrollo que aparecen en forma secuencial durante la madurez ósea, específicamente en las vértebras cervicales.<sup>49</sup>

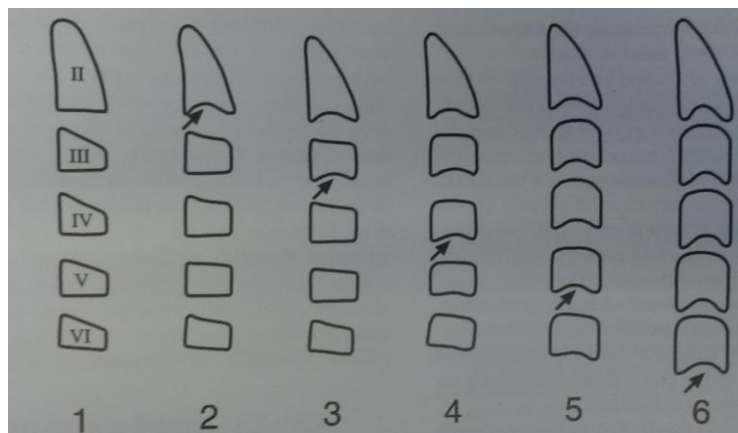
La tendencia actual es reducir el número de radiografías a las mínimas necesarias. Por ello varios investigadores intentan demostrar la validez de los estadios de maduración cervical como indicadores de edad ósea.<sup>50</sup>

El uso de las vértebras cervicales como método para valorar la maduración ósea en radiografías cefálicas laterales fue empleado inicialmente en 1972 por Lamparski en un estudio desarrollado en la Escuela de Medicina Dental de la Universidad de Pittsburgh, en donde estableció una clasificación basada en los cambios que se dan en las vértebras cervicales. La muestra empleada fue seleccionada del Departamento de Ortodoncia, donde se examinó aproximadamente 500 archivos de pacientes, para seleccionar la muestra base total de 141 pacientes, 72 niñas y 69 niños entre 10-15 años de edad, caucásicos, con una oclusión de Clase I mesomórfico y sin patología previa. Lamparski 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. Para la determinación de estos períodos se utilizaron radiografías laterales de cráneos de la muestra seleccionada, observando las vértebras cervicales. Por otro lado, realizó radiografías de muñecas asignando la edad ósea a cada paciente mediante el método de Greulich y Pyle. Entre las conclusiones del trabajo está que la valoración de la edad vertebral en las radiografías es estadísticamente fiable, válida y es clínicamente tan útil como la valoración esquelética mediante la radiografía de la muñeca. Otro hallazgo fue que los indicadores de maduración vertebral de niños y niñas son los mismos, la diferencia es que en las niñas cada estado de desarrollo se observa más temprano.<sup>51,52,53</sup>

Lamparski observó que los indicadores de madurez son dos:

- ❖ Inicio y desarrollo de concavidades en el borde inferior del cuerpo vertebral.
- ❖ Incremento de la altura vertical del cuerpo de la vértebra, el crecimiento desigual de la parte posterior y la altura total del cuerpo vertebral, producen cambios morfológicos en la vértebra, que varían de su forma inicial

trapezoidal, a rectangular, luego cuadrada y por ultimo más alta que ancha.<sup>29,34.</sup>



**Figura II.19** Clasificación de Lamparsky.  
(Tomado de Uribe-Restrepo 2010)<sup>18</sup>

Una desventaja de este estudio es la necesidad de observar hasta la sexta vértebra, requerimiento difícil de cumplir en la radiografía lateral de cráneo, ya que por lo general se visualiza solo hasta la quinta. Además no puede calcularse la edad ósea con tanta precisión como con el método de Greulich y Pyle, ya que lo expresa en años completos sin considerar los meses.<sup>54,55</sup>

Sin embargo, Smith en 1980, publicó un estudio en el que asegura que la radiografía de muñeca y mano, ampliamente utilizada en los programas de especialidad en ortodoncia, para valorar la edad esquelética del paciente, es poco frecuente utilizada en la práctica privada, ya que se necesita determinar y justificar más cuidadosamente el valor de una exposición radiológica adicional, lo cual valida el hecho de determinar la edad esquelética del paciente con el cefalograma lateral de rutina.<sup>56</sup>

La efectividad de las vértebras cervicales como indicador de maduración ha sido también corroborada por Hassel y Farman, quienes en 1995 en una muestra de 220 sujetos entre 8 y 18 años estudiaron en la radiografía carpal la maduración esquelética con el sistema de Fishman, y al mismo tiempo el estado de maduración de las vértebras cervicales.<sup>39</sup> Evaluaron la presencia y ausencia de

curvatura en solo tres vertebrales: C2, C3, C4 y la forma general de sus cuerpos, además de los espacios intervertebrales. Establecieron seis categorías que indican la maduración de las vertebrales cervicales y su relación con la maduración del individuo.<sup>40</sup>

**CVMI 1. Iniciación:** Los bordes inferiores de la C2, C3 y C4 están planas. La C3 y C4 se encuentran en forma de cuña y sus bordes superiores están afilados desde posterior a anterior. En esta etapa se ha iniciado el crecimiento prepuberal, resta de 80 al 100% de crecimiento.

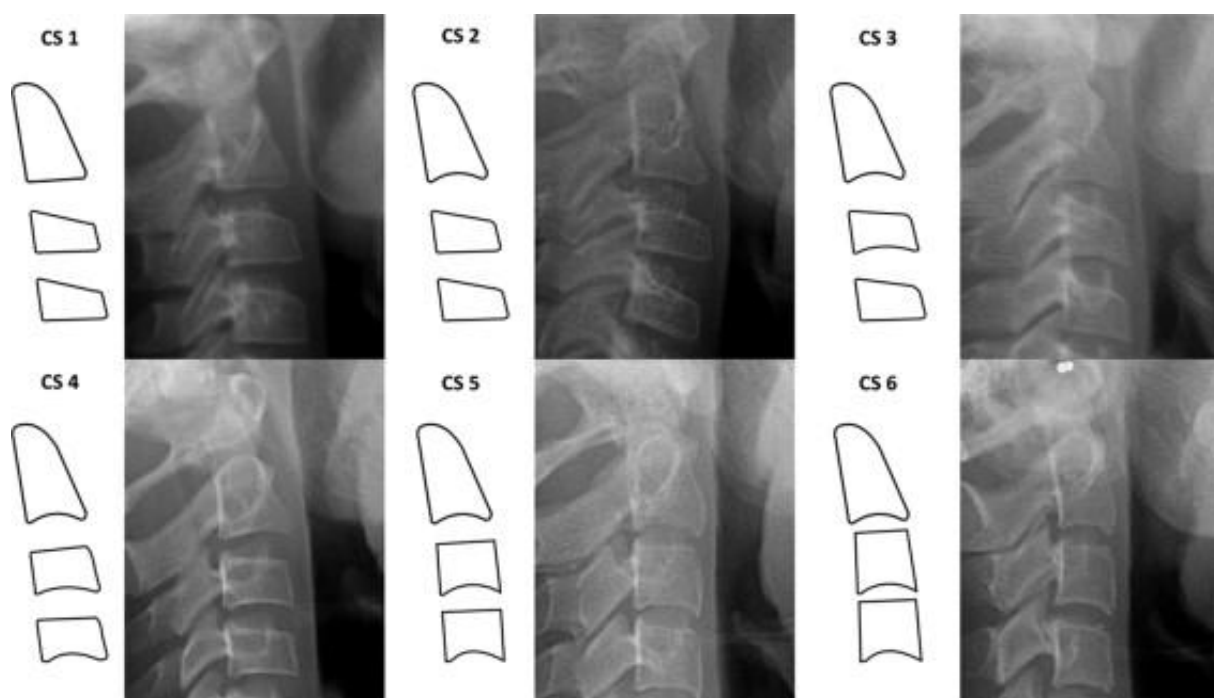
**CVMI 2. Aceleración:** Se empiezan a desarrollar concavidades en el borde inferior de C2. Los cuerpos de la C3 y C4 tienen forma trapezoidal o ligeramente rectangular. El 65-85% del crecimiento puberal está por darse.

**CVMI 3. Transición:** Se ven notables concavidades en los bordes inferiores de C2 y C3. Los cuerpos vertebrales de la C3 y C4 son rectangulares. El crecimiento adolescente se acelera hacia la velocidad del pico de crecimiento y solo resta un 25-65% de crecimiento puberal.

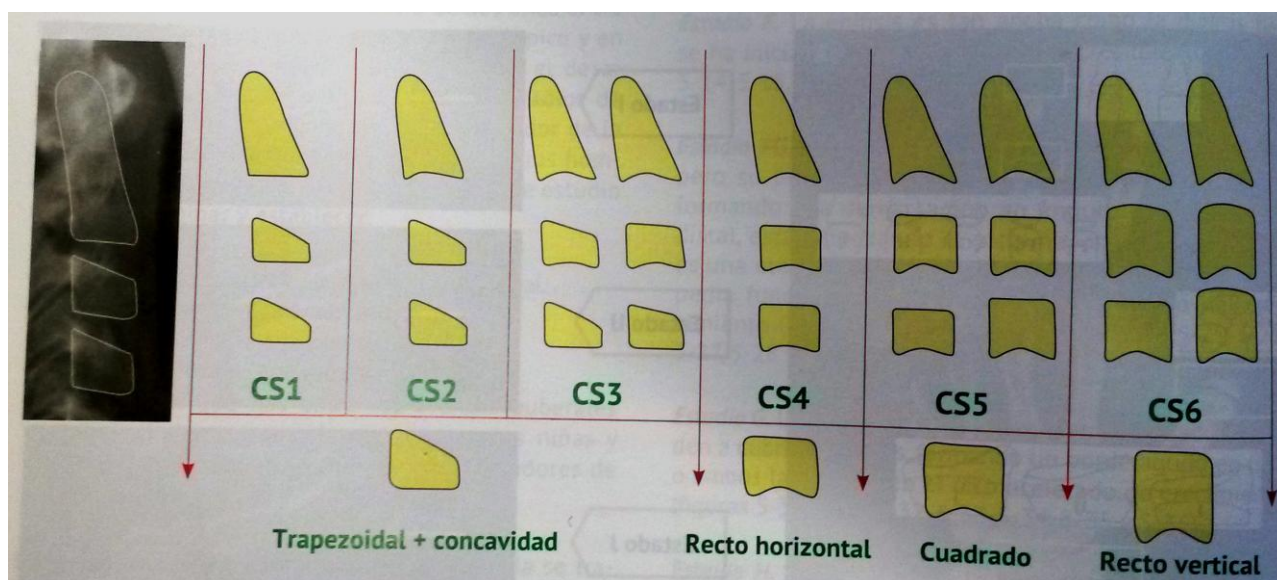
**CVMI 4. Desaceleración:** Se ven concavidades muy claras en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 son más o menos cuadrados. Inicia una desaceleración dramática en el crecimiento y resta 10 a 25% de crecimiento puberal por expresarse.

**CVMI 5. Maduración:** En este estadio se presenta la maduración final con un 5-10% restante de crecimiento puberal. Todos los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son cóncavos. Los cuerpos vertebrales de C3 y C4 se van poniendo cuadrados.

**CVMI 6. Completación:** Se ven concavidades profundas en los bordes inferiores de C2 a C6. Los cuerpos vertebrales son mayores en dimensión vertical que horizontal. El crecimiento puberal ha terminado.<sup>57</sup>



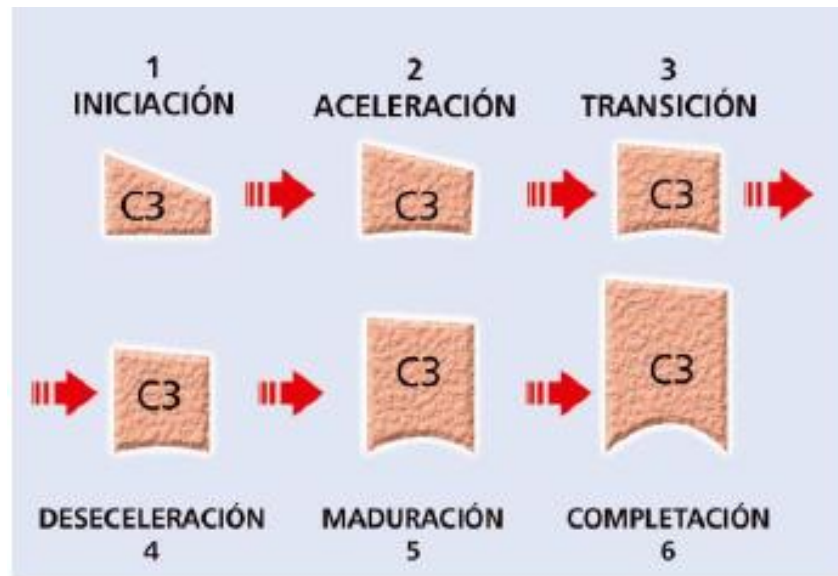
**Figura II.20** Estadios de Maduración Cervical. Se observa los cambios que sufren las cervicales conforme avanza la maduración. (Tomado de Sachan 2011)<sup>21</sup>



**Figura II.21** Maduración de Vertebrales Cervicales. Estadio 1 a 6. (Tomado de Uribe-Restrepo 2010)<sup>18</sup>

## CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

Los mismos autores describen que las formas de los cuerpos vertebrales de C3 y C4 cambian desde una forma de cuña, a rectangular, cuadrado y finaliza con una mayor dimensión vertical a medida que progresa la maduración esquelética. Las curvaturas de los bordes inferiores de la vertebrales cervicales aparecen de manera consecutiva de C2 a C3 durante el crecimiento.<sup>59</sup>(Figura II.21 y II.22)



**Figura II. 22** Maduración de Vertebrales Cervicales. Las vertebrales modifican su forma y tamaño; la aparición de una curvatura en el borde inferior de cada una se produce conforme la maduración del sujeto. (Tomado de Uribe-Restrepo 2010)<sup>18</sup>

Al correlacionar las etapas de maduración cervical con las del método de Fishman de mano-muñeca, Hassel y Farman concluyeron que el SMI1 y 2 corresponde a la iniciación, SMI3 y 4 a aceleración, SMI5 y 6 a transición, SMI 7 y 8 a desaceleración, SMI 9 y 10 a maduración y SMI 11 a la completación de los estados cárpales.<sup>60</sup>

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

---

Estadio carpal	Estadio Cervical	Porcentaje de crecimiento remanente
<b>SMI 1 y SMI 2</b>	Iniciación	85-100%
<b>SMI 3 y SMI 4</b>	Aceleración	65-85 %
<b>SMI 5 y SMI 6</b>	Transición	25-65 %
<b>SMI 7 y SMI 8</b>	Desaceleración	10-25 %
<b>SMI 9 y SMI 10</b>	Maduración	5-10 %
<b>SMI 11</b>	Completación	0-5 %

**Cuadro II.1** Porcentaje de crecimiento remanente de acuerdo a la clasificación de Hassel y Farman.

En México en 1998, García-Fernández llevó a cabo un estudio en 113 pacientes entre los 9 y 18 años en la Universidad Autónoma de León. El objetivo de la investigación fue determinar la correlación entre los estadios de maduración ósea de carpal con la técnica de Fisher y la maduración ósea cervical con el estudio de Hassel y Farman. Encontró una alta correlación entre la maduración de las vértebras cervicales y la maduración esquelética de la mano y muñeca para ambos sexos, sin embargo no sustentó estadísticamente la existencia de dicha correlación por lo cual el resultado que arroja es poco confiable.<sup>61</sup>

Hong Po en el 2001 realizó un estudio para evaluar la efectividad del índice de maduración ósea en base a las vertebrae cervicales durante el periodo puberal. Los resultados indican que la edad ósea determinada mediante el grado de maduración de las vertebrae cervicales es fiable, reproducible y válido. Además los resultados indicaron que la columna vertebral puede reemplazar de forma segura a la radiografía carpal en etapas limitadas en periodos de crecimiento puberal.<sup>62</sup>

En 2007 en Michigan, Yan Gu realizó un estudio longitudinal en 20 sujetos, estudiando cefalogramas durante los estadios de maduración cervical para determinar los cambios dimensionales y el remodelado que ocurre en la mandíbula durante intervalos de crecimiento. Concluyó que el intervalo de los estadios CS3 y



CS4 presentaban mayor incremento mandibular, con un promedio de 4.1 mm “pico de crecimiento mandibular”; mientras que el intervalo de CS5 y CS6 tuvo el menor incremento, con un promedio de 1.3 mm.<sup>63</sup>

Toshinori Mito en 2002 estableció que el coeficiente de correlación entre la edad ósea de las vertebrae cervicales y la edad ósea en la radiografía de la mano fue significativamente mayor (0.869) que el que mide la relación ósea de las vertebrae cervicales y la edad cronológica.<sup>64</sup>

De igual manera, Bacetti y cols en el 2000 realizaron un estudio en 24 sujetos y confirmaron la validez de los estadios de maduración cervical como indicador de maduración esquelética. Lo relacionaron con la talla y el crecimiento mandibular y encontraron que ambos mostraron incrementos significativos durante el intervalo de Cvs3 a CVS4, y una desaceleración en el intervalo de Cvs4 a Cvs5. El pico de crecimiento estatural ocurrió en 100% de los varones y el 87% de las mujeres durante el intervalo de Cvs3 a Cvs4.<sup>65</sup>

Wong, Alkhal y Rabie en 2007 investigaron en 400 radiografías de adolescentes chinos entre los diez y diecisiete años de edad sobre la utilidad del estudio de vertebrae cervicales comparado con los métodos convencionales de radiografías de mano y muñeca, encontrando que es un método tan bueno como el de Fishman de 1979 y el de Hagg y Taranger de 1982.<sup>66</sup>

Conocer el grado de crecimiento y desarrollo en el que se encuentra el paciente, es fundamental para el diagnóstico, y planeación de un tratamiento ortodóncico interceptivo.<sup>67</sup>

En nuestra práctica clínica siempre tendremos a la mano una radiografía lateral de cráneo para nuestro estudio cefalométrico, en la cual se pueden analizar las primeras vertebrae cervicales.

De ahí la importancia de la presente investigación, ya que al validar la confiabilidad de la estimación de la edad ósea en base a la maduración de las vertebrales cervicales se podrá evaluar la etapa de crecimiento en que se encuentra el paciente prescindiendo de una radiografía carpal. Esto supone un beneficio para el paciente, ya que disminuye la necesidad de realizar exámenes radiológicos adicionales, disminuye la radiación a la que es sometido el paciente, además del beneficio económico al pagar menos exámenes.

## II.9 CUADRO DE REVISIÓN SISTEMÁTICA

AUTOR Y AÑO	PAÍS	UNIVERSO DE ESTUDIO	OBJETIVO	RELACIÓN ESTADÍSTICA
Luna MAD et al, 2007. <sup>4</sup>	México	100 niños: 51 mujeres 49 hombres  Edad entre 8 y 16 años.  Radiografías cárpales y laterales.	Determinar si existe relación entre los estadios cárpales por el Método de Bjork con los estadios de las vertebrales cervicales según Lamparski.	Correlación en el total de la muestra entre los estadios de maduración carpal y vertebral de 0.835 y $p < 0.0001$ Correlación entre estadios carpal y vertebral de acuerdo al sexo: Femenino = 0.816 y $p < 0.0001$ Masculino = 0.820 y $p < 0.0001$
Román PS et al, 2002. <sup>53</sup>	España	958 Niños 428 hombres 530 mujeres  entre 5 y 18 años.  Radiografía carpal y lateral de cráneo.	Determinar la validez de la valoración de las vertebrales cervicales para predecir la maduración esquelética.  Clasificación de Grave y Brown en carpal Clasificación de Lamparsky, y Hassel y Farman para cervicales.	Correlación de Pearson 1) estadios de maduración carpal y estadios de maduración vertebral utilizando método de Hassel y Farman: mujeres $r = 0.84$ y $p < 0.01$ hombres $r = 0.77$ y $p < 0.01$  1) estadios de maduración carpal y estadios de maduración vertebral utilizando método de Lamparsky: mujeres $r = 0.79$ y $p < 0.001$ hombres $r = 0.75$ y $p < 0.001$  La clasificación de Hassel y Farman es superior a la de Lamparsky
Zurita FC et al, 2009. <sup>8</sup>	Chile	24 niñas  Edad de 6 a 14	Determinar la correlación existente entre el análisis de	$\rho$ de Spearman entre ambos métodos: 0.753, indica correlación fuerte.

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

		años  Radiografía carpal y lateral de cráneo.	edad ósea mediante el método de Fishman en la radiografía mano-muñeca y el método CVMS de Baccetti en la radiografía lateral	$\chi^2$ 41.04 y p=0.0532.
Bastardo R et al, 2007. <sup>29</sup>	Venezuela	45 Radiografías cárpales y panorámicas Niños de 5 y 10 años	Determinar la Correlación que existe entre la Edad Cronológica, La Edad Ósea y la Edad Dental.	Distribución de la muestra: Sexo masculino 62.22% Sexo femenino 37.78% La correlación porcentual entre la edad cronológica con respecto a la Edad ósea Venezolana es de 13,23%, en relación a la Edad Ósea Universal de 16,26% y en comparación a la Edad dental es de 11.99% Existe una correlación entre la Edad cronológica, edad Ósea y Edad Dental 62.22% Correlación de variables con respecto al género femenino se obtuvo la menor diferencia porcentual entre la edad cronológica y la Edad Ósea Venezolana 12.80% en contraste con el género masculino fue la edad cronológica y la Edad Dental 6.99%
Chalasanani S et al, 2013. <sup>30</sup>	India	48 pacientes 24 niños 24 niñas  7 a 18 años de edad.	Determinar la reproductibilidad de la concordancia entre los estadios cárpales de Fishman y estadios de maduración cervical (Hassel y Farman)	El valor de Kappa fue de 0.70 en los estadios de maduración esquelética obtenidos en ambos métodos. La concordancia de estadios de maduración por sexo: hombres:0.71 mujeres: 0.68 Las mujeres presentan una madurez avanzada en comparación con el sexo masculino

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

<p>Ramos O et al, 2005.<sup>27</sup></p>	<p>Perú</p>	<p>180 niños 90 hombres 90 mujeres</p> <p>de 8 a 18 años de edad</p> <p>Radiografía carpal talla</p>	<p>Determinar el momento de aparición de los estadios de maduración esquelética con el método de Fishman en la radiografía carpal</p>	<p>Correlación entre los estadios de Fishman y talla por sexo: hombres: 0.872 y <math>p &lt; 0.001</math> mujeres: 0.86 y <math>p &lt; 0.001</math></p> <p>Correlación entre los Estadios de Fishman y la edad: hombres: 0.875 y <math>p &lt; 0.001</math> mujeres: 0.922 y <math>p &lt; 0.001</math></p> <p>Media de la edad por sexo de acuerdo a los estadios de Fishman.: Hombres: SMI 1= <math>9.18 \pm 1.20</math> SMI 11= <math>15.72 \pm 2.61</math> Mujeres: SMI 1= <math>8.39 \pm 0.8</math> SMI 11= <math>14.83 \pm 1.23</math></p> <p>Incremento significativo en la estatura de varones durante los SMI 1-3 y del SMI 5-7, mientras que en las mujeres en los SMI 1-3 y SMI 6-8.</p> <p>Los estadios de maduración en las mujeres se presentaron 1.64 años en promedio antes que los varones</p> <p>El pico máximo crecimiento puberal promedio se presentó a los <math>10,83 \pm 0.49</math> años (SMI 6) en mujeres y <math>13,95 \pm 1.29</math> en varones (SMI 7)</p>
<p>Arciniega RNA et al, 2013.<sup>17</sup></p>	<p>México</p>	<p>41 niños 23 hombres 18 mujeres</p> <p>edad de 8 a 14 años</p> <p>Radiografía panorámica y lateral de cráneo.</p>	<p>Determinar la correlación entre la edad ósea, dental y cronológica.</p> <p>Edad dental: método de Derminjian Edad Ósea: Método de Fishman</p>	<p>Correlación entre la edad dental y esqueletal: <math>r^2=0.18</math> y <math>p &lt; 0.05</math></p> <p>Correlación entre la edad cronológica y la edad esqueletal <math>r^2=0.37</math> y <math>p &lt; 0.05</math></p> <p>Correlación entre la edad cronológica y la edad dental <math>r^2=0.63</math> y <math>p &lt; 0.05</math></p>

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

Toledo MG et al, 2010. <sup>50</sup>	Cuba	150 niños 75 hombres 75 mujeres  Edad de 8 a 18 años.  Radiografía carpal y lateral de cráneo.	Determinar si se puede prescindir de la radiografía carpal en la evaluación de la maduración ósea.. Identificar la concordancia entre los métodos estudiados. Método en carpal: Grave y Brown Método en cervical: Hassel y Farman.	Concordancia alta y significativa en las evaluaciones a través de estudio de radiografía carpal y de cervicales. sexo femenino Kappa= 0.828 (p<0.010) sexo masculino Kappa=0.767 (p<0.010) Es posible sustituir la radiografía carpal para valorar edad ósea.
Rivas C et al, 2009. <sup>52</sup>	Chile	324 niños 168 mujeres 156 hombres  Edad de 8 a 16 años.  Radiografía lateral de cráneo	Determinar cuál es la edad cronológica que coincide con el pico de crecimiento puberal utilizando estadios de maduración cervical utilizando el método de Hassel y Farman.	Porcentaje de la muestra por sexo: hombres (48.2%) mujeres (51.8%) Estadio Cervical III corresponde con una aceleración del pico de crecimiento y se relaciono con los siguientes rangos de edad: mujeres: 55.8 % y 10 a 11 años. varones: 58% y 12 a 13 años En el Estadio Cervical 1 ambos grupos tenían en promedio 8 a 9 años En el Estadio Cervical VI el rango de edad fue de 14 a 15 años en mujeres y 16 años para hombres La mayoría de las mujeres de tuvo el pico de crecimiento a los 11 años, mientras que los varones a los 12.
Bedoya A et al, 2007. <sup>37</sup>	Colombia	80 niños 40 mujeres 40 hombres  ascendencia continental africana	Determinar los estadios de maduración ósea estratificados por género mediante radiografía de carpo utilizando el análisis	Correlación entre edad dental y estadios de maduración ósea por sexo: hombres: 0.80 y p=0.000 mujeres: 0.65 y p=0.000 Correlación entre los estadios de maduración y el peso por sexo: hombres: 0.79 y p=0.000

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

		edad de 8 a 14 años.  Radiografía carpal, impresión dental, talla, peso IMC.	de Bjork.	mujeres: 0.82 y $p=0.000$  La osificación del hueso sesamoideo fue a los 10-12 años  Se recomienda una muestra mayor que permita estratificar por edad y genero.
García-Fernández et al, 1998. <sup>61</sup>	México	113 pacientes 50 niños 63 niñas  entre 9 y 18 años  Radiografía carpal y radiografía lateral	Determinar correlación entre la maduración de las vertebrae cervicales y la maduración esquelética de la mano y muñeca. Método de Fishman en Rx Carpal. Método de Hassel y Farman en cervical.	Distribución de la muestra por sexo: 48.9% Sexo masculino 51.06% Sexo femenino  Alta correlación entre la maduración de vertebrae cervicales y maduración de mano y muñeca. 92% mujeres y 96% hombres  No hubo diferencia significativa entre los 2 métodos.
Gu Y et al 2007. <sup>63</sup>	Estados Unidos	20 sujetos: 17 mujeres 7 hombres  Radiografía lateral.	Determinar los cambios dimensionales y de remodelado regional que ocurren en la mandíbula durante los estadios de maduración cervical.	El mayor incremento mandibular ocurrió entre los intervalos CS3 y CS4. El aumento en promedio fue 4.1 mm. "pico de crecimiento mandibular" Durante el intervalo CS5 Y CS6 ocurrió el menor incremento mandibular con un promedio de 1.3 mm. En varias mediciones el crecimiento durante el intervalo CS5-CS6 disminuyó a la mitad o un tercio a comparación de lo ocurrido en el pico de crecimiento. El intervalo medio entre etapas cervicales 1-5 varió de 15 a 18 meses; el intervalo entre las dos últimas etapas (CS 5 y CS6) fue de 12 meses.

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

Morales-Domínguez et al, 2014. <sup>7</sup>	México	213 pacientes 105 mujeres 108 hombres  Edad 6 a 17 años.	Determinar la correlación entre estadios cervicales y cárpales según el método de Björk y Lamparsky.	La media de la edad fue 12.35 para el sexo femenino y 12.42 para el masculino. Correlación gamma Hombres: 0.727 (p<0.001) Mujeres: 0.686 (p<0.001) Al comparar los estadios de maduración carpal y cervical coincide el 66.61% de casos para el sexo femenino y 57.3% en el sexo masculino
Franchi L et al, 2010. <sup>65</sup>	Italia	24 sujetos 15 hombres 9 mujeres  radiografía lateral de cráneo anual.	Determinar la validez de los 6 estadios de la maduración vertebral cervical como indicador esquelético, y detectar el mayor crecimiento mandibular y la altura corporal.	Se observó un aumento estatural en la transición de Cvs1 a Cvs2, de Cvs 3 a Cvs4, mientras que decreció durante los intervalos de Cvs4 a Cvs 5. El mayor incremento estatural se llevó a cabo en el intervalo de Cvs3 a Cvs4, La prevalencia de sujetos que presentaron el pico estatural en este intervalo fue el 100% de los hombres y 87% de las mujeres. La longitud mandibular presentó incremento significativo durante el intervalo Cvs3 a Cvs4 y se observó significativa desaceleración del crecimiento durante el intervalo de Cvs4 a Cvs5. Se demuestra la validez del método cervical para la evaluación de maduración esquelética y para identificar el pico de crecimiento.
Mahajan S., et al, 2011. <sup>59</sup>	India	100 niños 50 hombres 50 mujeres  Edad entre 8 y 18	Determinar la validez del método de cervicales para predecir la maduración esquelética.	Correlación entre SMI y CVMI en el total de la muestra 0.976 y p<0.0001. Correlación por sexo: hombres: 0.981 y p<0.0001 mujeres: 0.975 y p<0.0001 Media de la edad Método Fishman



CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

		años.	Correlacionar los estadios de maduración cervical y carpal mediante los métodos de Hassel y Farman y Fishman respectivamente.	<p>SMI 1: hombres: 8.43 ± 0.535 mujeres: 8.0 ± 0.00</p> <p>SMI 10** hombres: 15.00 ± 0.577 p&lt;0.02 mujeres: 13.60 ± 1.35 p&lt;0.02</p> <p>SMI 11: hombres: 16.56 ± 2.901 mujeres: 16.18 ± 0.874</p> <p>Media de la edad método de Cervicales</p> <p>CVMI 1: hombres: 8.83 ± 0.937 mujeres: 8.73 ± 0.905</p> <p>CVMI 11: hombres: 16.67± 2.901 mujeres: 16.30 ± 0.823</p>
Chang HP et al. 2001. <sup>68</sup>	Taiwan	503 niños 244 hombres 259 mujeres  edad de 8 y 18 años  Radiografía carpal y lateral de cráneo.	Determinar la correlación entre maduración carpal y cervical mediante el método de Fishman y el método de Hassel y Farman	prueba Rho de Spearman por sexo: hombres= 0.973 y <0.001 mujeres= 0.970 y <0.001
Sachan K et al. 2011 <sup>21</sup>	India	90 niños 45 hombres 45 mujeres  edad entre 9 y 13 años  Radiografía	Evaluar la relación de la madurez esquelética de mano y muñeca con la maduración de vertebras cervicales y la calcificación del canino.	Correlación entre SMI y CVM hombres: 0.849 y p<0.01 mujeres: 0.932 y p<0.01 Media de la edad Metodo Fishman SMI 1: hombres: 11.0 mujeres: 9.0 SMI 11:

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

		carpal, lateral de cráneo y periapical de canino maxilar y mandibular.	Método de Fishman en Rx Carpal. Método de Lamparsky en cervical. Estadios de Nolla en Rx periapical	hombres: 17.4 mujeres: 16.1 Media de la edad método de Cervicales CVMI 1: hombres: 11.6 mujeres: 10.4 CVMI 11: hombres: 17.2 mujeres: 16.5 La calcificación del canino en el estadio 9 se relaciona con el cubrimiento de la falange media y la aparición del sesamoideo del pulgar, donde se produce el pico de crecimiento.
--	--	--	---	--

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento y maduración en el ser humano es el resultado de la interrelación genético ambiental y en cada persona se expresa a un ritmo diferente. La evaluación del crecimiento y la maduración de un individuo provee información clínica importante para la planificación de tratamientos ortodóncicos y ortopédico por parte del Odontólogo.

El medio más útil para valorar la madurez biológica es la estimación de la edad esquelética debido a que los cambios que experimentan los huesos en su maduración son muy similares en todos los individuos y cada centro de osificación pasa por un número de cambios morfológicos que pueden identificarse. Teóricamente cualquiera de las partes del cuerpo puede ser empleada en la valoración de la edad ósea, sin embargo la radiografía carpal es el método estándar para evaluar la madurez esquelética ya que posee un gran número de huesos y epífisis en desarrollo por lo que resulta posible el seguimiento de los cambios a través de los años a medida que el individuo crece.

La estimación de la edad ósea con base en la maduración de las vertebrae cervicales ha ganado aceptación en los años recientes y está basada en las características morfológicas de las vertebrae cervicales en diferentes etapas del crecimiento. La importancia de la confiabilidad de la determinación de la maduración ósea sólo con la evaluación de vertebrae cervicales en una radiografía lateral, prescindiendo de la carpal, es que el paciente no tiene necesidad de realizarse exámenes radiológicos adicionales, disminuyendo la radiación a la cual es sometido, además del beneficio económico al pagar menos exámenes.

En México son pocos los estudios que avalen la confiabilidad de las vertebrae cervicales para la evaluación de la edad ósea, de ahí la importancia de este estudio, para lo cual nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cuál es la confiabilidad clínica de la medición de la maduración ósea de cervicales con respecto a la maduración ósea obtenida a través de una radiografía carpal?**

#### **IV. HIPÓTESIS**

Con base en los estudios clínicos suponemos que la confiabilidad de la medición de la maduración ósea de cervicales respecto a la maduración ósea carpal será mayor de 80%.

## **V. OBJETIVO**

### **V.1 Objetivo General**

Determinar la confiabilidad clínica de la medición de la maduración ósea de cervicales con respecto a la maduración ósea de carpal.

Determinar la correlación entre los estadios de maduración ósea carpal y maduración ósea cervical.

## **VI. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **VI.1 TIPO DE ESTUDIO**

Se llevó a cabo un estudio comparativo, observacional, transversal, retrospectivo.

### **VI.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población estuvo conformada por Historias Clínicas de niños de 6 a 15 años de edad cuyo expediente contenía radiografía lateral y carpal; y que hayan solicitado tratamiento ortodóncico u ortopédico en el Diplomado de Atención Integrada de Maloclusiones en la CUAS Benito Juárez de la Fes Zaragoza, UNAM.

#### **VI.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

La muestra seleccionada se determinó de manera no aleatoria, y su expediente incluyó historia clínica completa y su respectiva radiografía lateral y carpal, tomadas en el mismo Laboratorio Clínico Radiológico y con buena calidad de imagen.

#### **VI.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Se excluyeron historias clínicas y radiografías laterales y carpales de pacientes que:

- Presentaban enfermedad sistémica y/o síndromes.
- Radiografías que no fueron tomadas por el mismo Laboratorio Clínico Radiológico.
- Radiografías en mal estado de conservación.
- Radiografías con distorsiones debido al movimiento del paciente o con alteraciones de calidad que no permitan distinguir adecuadamente las diversas estructuras anatómicas.
- Radiografías oscuras (duras) o muy claras (blandas).

### VI.3 VARIABLES

#### Variables

- ❖ Edad cronológica
- ❖ Sexo
- ❖ Edad ósea cervical
- ❖ Edad ósea carpal

### VI.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	NIVEL DE MEDICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN
<b>EDAD CRONOLÓGICA</b>	Edad medida desde la fecha de nacimiento hasta la fecha de toma de radiografía.	Cuantitativa Discreta	Años cumplidos
<b>SEXO</b>	Cualidad que determina el género	Cualitativa Nominal	Femenino Masculino
<b>EDAD ÓSEA CARPAL</b>	Grado de desarrollo de osificación de un hueso. En base al Método de Fishman que abarca cuatro fases de maduración en seis sitios anatómicos.	Cuantitativa Discreta	SMI 1 SMI 2 SMI 3 SMI 4 SMI 5 SMI 6 SMI 7 SMI 8 SMI 9 SMI 10 SMI 11

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

<b>EDAD ÓSEA CERVICAL</b>	Valoración en base a Estadios de maduración de vertebrales cervicales de acuerdo al método de Hassel y Farman.	Cualitativa Ordinal	CVMI I CVMI II CVMI III CVMI IV CVMI V CVMI VI
---------------------------	--	---------------------	---

## VI.5 TÉCNICAS

### VI.5.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Cada radiografía carpal y lateral incluida en el estudio se evaluó con ayuda de un negoscopio por el investigador. Dicho análisis se realizó a razón de 20 lecturas radiográficas por día, en los ambientes de la CUAS Benito Juárez. También se tomaron fotos de cada historia clínica y de ambas radiografías para tener un registro adecuado de la muestra.

Para la calibración se seleccionaron 30 sujetos al azar, y las radiografías fueron evaluadas por el operador y posteriormente evaluadas por un tutor. Se obtuvo una concordancia Kappa de 0.84.

### VI.5.2 TÉCNICA DE OBSERVACIÓN

EDAD ÓSEA CERVICAL:

Las observaciones consistieron en la revisión y análisis cuidadoso de cada radiografía lateral con el objetivo de determinar los estadios de maduración ósea utilizando las vertebrales cervicales. La técnica fue la siguiente:

El análisis visual de las vertebrales cervicales consideró forma, borde superior y borde inferior y el tamaño de las vertebrales cervicales, C2, C3 y C4; luego se



procedió a clasificarlas de acuerdo a los estadios de maduración según el método de Hassel y Farman.

#### EDAD ÓSEA CARPAL

Para la medición de la muñeca y mano se utilizaron los indicadores de madurez descritos por Fishman en 1982, que refiere cuatro etapas de crecimiento en seis sitios diferentes y nos da 11 indicadores.

Por último, una vez obtenido el indicador de madurez en cada paciente, se tradujo en los seis estadios de crecimiento que mencionan Hassel y Farman en 1995, para facilitar su comparación con las vértebras cervicales.

#### **VI.5.3 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se confeccionó una ficha ad hoc (Anexo N.º 1) para el registro de la información utilizada durante la fase de investigación donde se incluyó:

Datos del paciente: Nombre, fecha de Nacimiento, fecha de toma de Rx, edad cronológica, Sexo.

Edad Ósea Carpal: Ubicación de indicador de Fishman de acuerdo a la osificación carpal.

Edad Ósea Cervical: Descripción de las vertebrae C2, C3 Y C 4. Y su clasificación de acuerdo a la maduración vertebral cervical.

#### **VI.5.4 REGISTRO DE LA INFORMACIÓN**

Los estadios de maduración ósea cervical y carpal evaluados y la edad cronológica para cada paciente fueron registrados en la ficha confeccionada por el investigador siguiendo los objetivos planteados.

## VII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elaboraron tablas de distribución de frecuencia simple y de contingencia para determinar porcentajes para cada estadio de maduración esquelética, intervalos de edad y cada sexo.

Se utilizaron las pruebas estadísticas de tendencia central: media y desviación estándar para la edad cronológica.

Se realizó la prueba kappa entre los estadios de maduración esquelética cervical y carpal.

Se utilizó la prueba estadística coeficiente lineal de Spearman para determinar la correlación entre los estadios de maduración esquelética cervical y carpal y la edad cronológica para cada sexo. Además se obtuvo la confiabilidad diagnóstica por estadio calculando la sensibilidad y especificidad diagnóstica.

Los datos se procesaron mediante el uso del paquete estadístico SPSS 15.0 en español. Se consideró un valor de  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo.

## VIII. RESULTADOS

El presente estudio evaluó un total de 187 expedientes de niños entre 6 y 15 años que fueron atendidos en la CUAS Benito Juárez y que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

De los 187 niños estudiados, 90 (48%) pertenecieron sexo femenino y 97 (52%) pertenecieron al sexo masculino. El promedio de edad fue de  $11.1 \pm 2.4$  años. La distribución de los grupos de edad por sexo se observan en la Figura VIII.1

La media de la edad para la iniciación de la maduración esquelética evaluando la radiografía carpal fue  $7.0 \pm 1.0$  años en mujeres y  $8.6 \pm 1.3$  años en hombres (SMI 1). Las mujeres completaron su maduración esquelética a los  $13.7 \pm 0.8$  años y los hombres a los  $15 \pm 0.0$  años (SMI 11). (Cuadro VIII.1).

La media de edad para el inicio de maduración esquelética mediante CVMI fue  $8.9 \pm 1.3$  para hombres y  $7.7 \pm 1.3$  para mujeres. Las mujeres completaron su maduración a los  $13.6 \pm 0.8$  años y los hombres a los  $14.8 \pm 0.5$ . (Cuadro VIII.2) En ambos métodos la maduración en el sexo femenino se lleva a cabo en promedio un año antes que en el sexo masculino.

Un alto grado de correlación se encontró entre los estadios de maduración carpal (SMI) y los estadios de maduración cervical (CVMI) con un valor de  $r=0.937$  ( $p < 0.0001$ ) (Figura VIII.2). También se observa un alto nivel de correlación entre SMI y CVMI por sexo (Cuadro VIII.3).

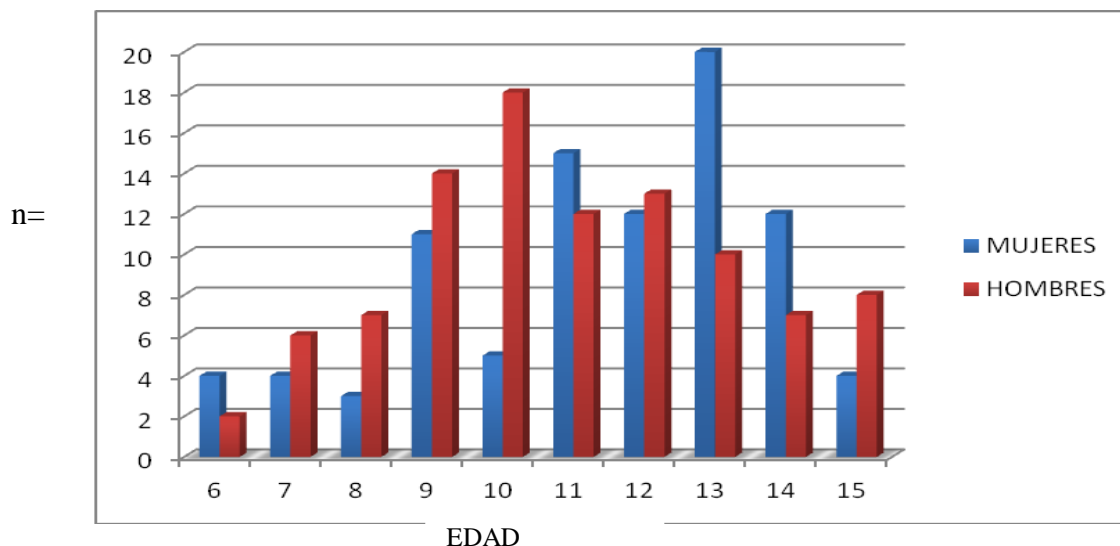
Al relacionar los estadios de maduración carpal y cervical con la edad en el total de la muestra se obtiene una correlación cercana a 1 para ambos métodos ( $p < 0.0001$ ) (Cuadro VIII.4)

Al evaluar la sensibilidad y especificidad se observa una menor concordancia en las mediciones en el estadio 3 y 4, se obtiene una sensibilidad de 63% en el estadio 4, mientras que en el 3 se obtiene una especificidad de 66%. (Cuadro VIII.5)

Se observa una disminución de la concordancia al relacionar los estadios CVMI y SMI en el total de la muestra con un valor de kappa de 0.61 ( $p < 0.0001$ ). Esta disminución se observa más claramente al relacionarlo por sexo, con un valor de

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

kappa de 0.63 ( $p < 0.0001$ ) en los hombres y 0.57 ( $p < 0.0001$ ) en mujeres, con una pérdida de casos notables al realizar la transformación de la carpal. (Figura VIII.3 y VIII.4); lo cual indica una concordancia aceptable en ambos grupos, sin embargo menor a la esperada, ya que al realizar la transformación de la carpal se pierden casos.



**Figura VIII.1.** Distribución de la muestra por sexo y edad. 187 sujetos de estudio, 90 pertenecen al sexo femenino y 97 al sexo masculino.

**Cuadro VIII. 1** Edad promedio de aparición para cada estadio de Fishman de acuerdo al sexo.

SMI	Femenino		Masculino	
	Promedio	DE	Promedio	DE
1	7.0	1.0	8.6	1.3
2	8.8	0.5	10.3	0.9
3	9.6	1.3	11.4	0.5
4	9.8	1.0	11.1	1.1
5	10.5	0.7	11.7	0.6
6	11.1	1.1	12.8	1.3
7	11.4	0.8	12.8	0.4
8	11.5	1.0	13.3	1.5
9	12.1	1.4	13.5	0.7
10	12.6	0.9	14.0	1.0
11	13.7	0.8	15.0	0.0
<b>Total</b>	<b>11.4</b>	<b>2.4</b>	<b>10.9</b>	<b>2.3</b>

SMI: Índice de Maduración Esqueletal de Fishman

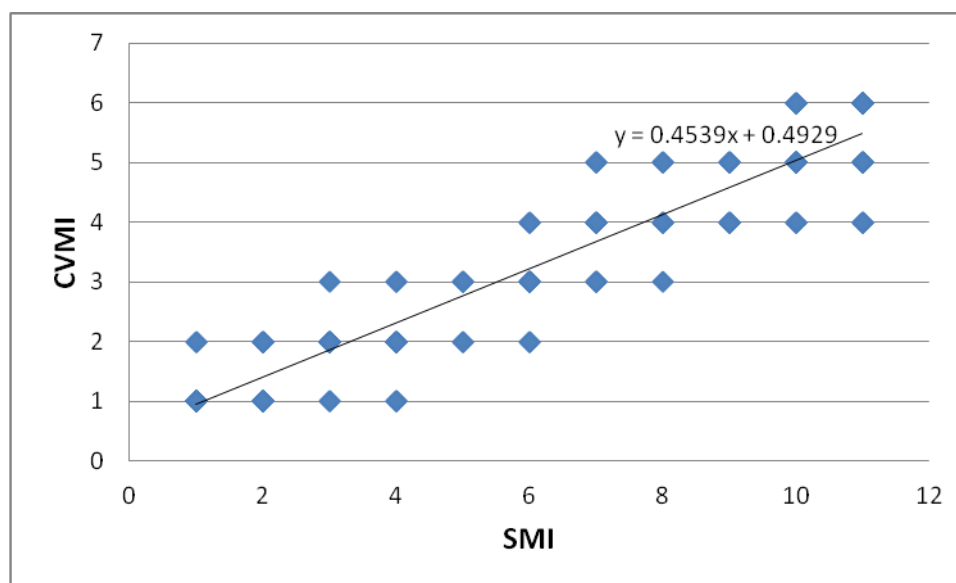
CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

---

**Cuadro VIII. 2** Edad promedio de aparición para cada estadio de maduración cervical de acuerdo al sexo.

CVMI	Femenino		Masculino	
	Promedio	DE	Promedio	DE
1	7.7	1.3	8.9	1.3
2	9.4	0.7	11.3	0.8
3	11.5	1.0	12.2	1.0
4	12.1	1.4	13.2	0.8
5	12.7	0.9	13.6	1.2
6	13.6	0.8	14.8	0.4
<b>Total</b>	11.3	2.3	10.8	2.3

CVMI: Índice de Maduración de Vertebrae Cervicales



**Figura VIII.2** Prueba de correlación de Spearman entre la medición carpal (SMI) y la medición cervical (CVMI),  $r=0.937$ ,  $p < 0.0001$ .

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE  
CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL

---

**Cuadro VIII. 3** Correlación entre valoración de maduración ósea mediante método carpal y cervical por sexo.

<b>Sexo</b>	<b>r</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Femenino</b>	0.909	<0.0001
<b>Masculino</b>	0.916	<0.0001
<b>Total</b>	0.937	<0.0001

\*Prueba rho de Spearman.

**Cuadro VIII.4.** Correlación entre los estadios de maduración carpal y cervical con la edad.

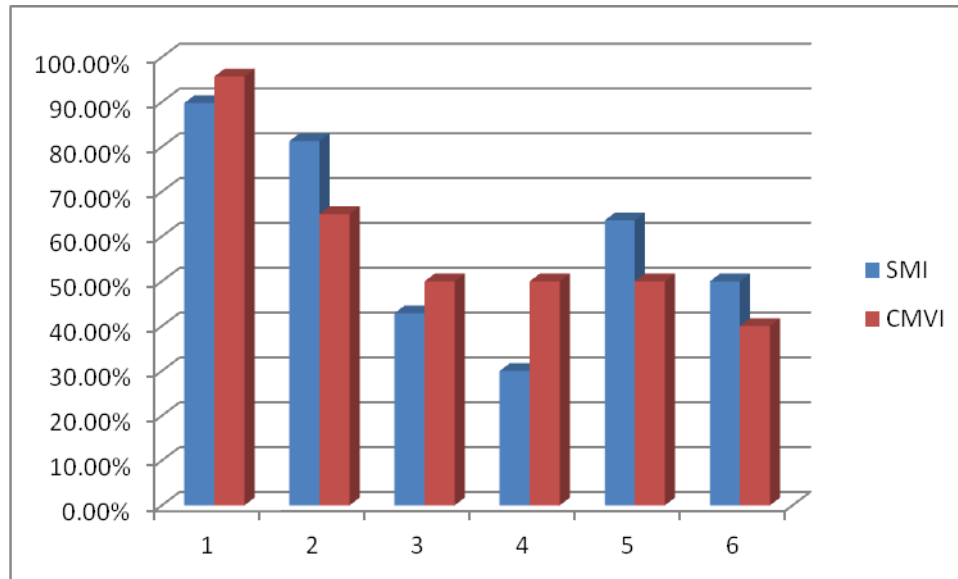
	<b>r</b>	<b>Valor p*</b>
<b>Fishman</b>	0.877	<0.0001
<b>CVMI</b>	0.866	<0.0001

\*Prueba rho de Spearman.

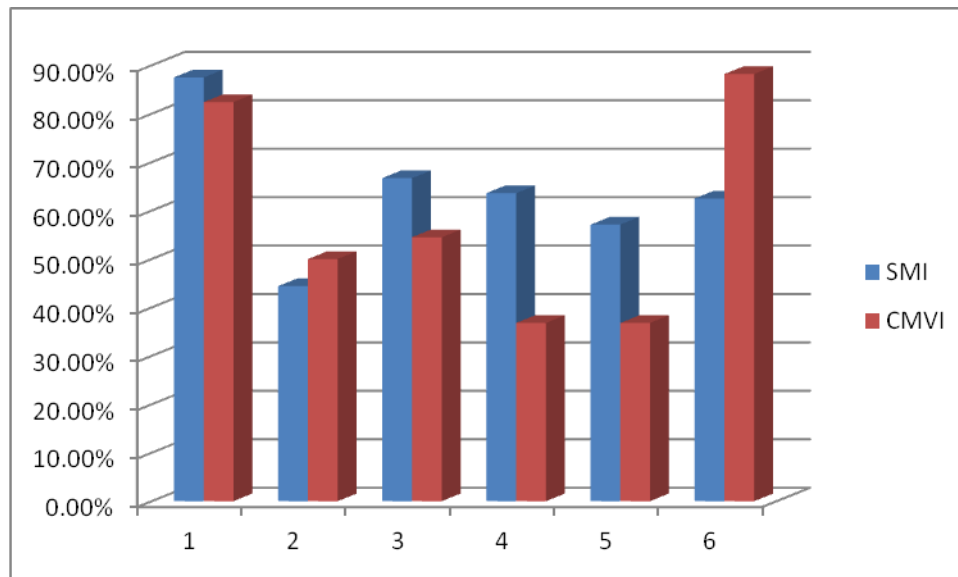
**Cuadro VIII.5** Sensibilidad y especificidad al evaluar la maduración mediante estadios SMI y CVMI en el total de la muestra.

<b>Estadio</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>
<b>1</b>	89%	77%
<b>2</b>	85%	69%
<b>3</b>	75%	66%
<b>4</b>	63%	70%
<b>5</b>	79%	71%

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL



**Figura VIII.3** Frecuencia de los estadios de maduración de acuerdo al método SMI y CVMI en hombres. Se dividen en 6 categorías: 1 Iniciación, 2 Aceleración, 3 Transición, 4 Desaceleración, 5 Maduración, 6 Completación. El valor de Kappa entre ambos métodos fue 0.63 ( $p < 0.0001$ ).



**Figura VIII.4** Frecuencia de los estadios de maduración de acuerdo al método SMI y CVMI en mujeres. Se dividen en 6 categorías: 1 Iniciación, 2 Aceleración, 3 Transición, 4 Desaceleración, 5 Maduración, 6 Completación. El valor de Kappa entre ambos métodos fue 0.57 ( $p < 0.0001$ ).

## IX. DISCUSIÓN

La pubertad es un período durante el cual la tasa de crecimiento se acelera, alcanza una velocidad máxima y luego desacelera hasta lograr la madurez. El conocimiento del estado de maduración de un niño juega un papel importante en el diagnóstico, la planificación y eventual término del tratamiento odontológico. La edad cronológica no siempre permite valorar el desarrollo de la maduración somática del paciente, por lo que se recurre a determinar la edad biológica a partir de distintos indicadores fisiológicos como la edad ósea.<sup>27</sup>

El método estándar para evaluar la madurez esquelética ha sido el uso de una radiografía de mano y muñeca, ya que posee un gran número de huesos y epífisis en desarrollo, por lo que resulta posible el seguimiento de los cambios a través de los años a medida que el individuo crece, sin embargo su uso comienza a ser cuestionado al buscar alternativas para evaluar la madurez ósea.<sup>2</sup>

El presente estudio tuvo el propósito de evaluar la edad esquelética del individuo interpretando la medición de las vértebras cervicales observadas en una radiografía lateral, y establecer la correlación y evaluación de los cambios en la forma y tamaño de estas vertebras con el índice de maduración esquelética de mano y muñeca. Este interés surge debido a que regularmente se dispone de radiografías panorámicas y laterales de cráneo dentro de la historia clínica del paciente, por tal motivo, sustituir la radiografía carpal para precisar la maduración ósea, disminuiría el número de radiografías por individuo, y en consecuencia la dosis de radiación recibida por éste, además representaría un beneficio económico para el paciente al necesitar menos estudios.<sup>18</sup>

Se obtuvo una asociación significativa entre el método de maduración cervical (CVMI) y carpal (SMI), obteniendo un coeficiente de correlación de  $r=0.942$ ,  $p<0.0001$  en el total de la muestra, resultado similar al de Mahajan y cols<sup>59</sup> quienes en 2011 en India en una muestra de 100 niños determinaron una correlación de 0.976 ( $p<0.001$ ); sin embargo Luna MAD y cols<sup>4</sup> en 2007 en México en un estudio realizado en 100 niños obtuvo una correlación buena de 0.835 ( $p<0.001$ ), al evaluar la edad ósea mediante la radiografía carpal con el método de Bjork y de



cervicales según Lamparsky, aunque menor que la obtenida en este estudio, lo cual puede deberse a la diferencia entre métodos utilizados y un tamaño diferente de muestra.

La correlación obtenida en este estudio entre el método CVMI y SMI por sexo fueron similares a los obtenidos por Chang y cols,<sup>68</sup> quienes en una muestra de 244 hombres y 259 mujeres en Taiwán al evaluar los métodos de Fishman y Hassel y Farman, obtuvieron una correlación de 0.973 ( $p < 0.001$ ) para el sexo masculino y 0.970 ( $p < 0.001$ ) para las mujeres. La concordancia de ambos estudios puede indicar que el índice de maduración cervical es efectivo y válido para determinar la edad ósea.

Aunque, Román y cols<sup>53</sup> en 2002 en España determinaron la correlación de los estadios de maduración carpal y cervical por sexo encontrando valores ligeramente por debajo de los recabados en nuestro estudio; 0.89 ( $p < 0.01$ ) en mujeres y 0.77 en hombres ( $p < 0.01$ ), además en la muestra se encontraron valores más altos para el sexo femenino con lo cual difiere de los estudios antes mencionados.

Por otro lado, la confiabilidad es el grado de estabilidad que se presenta cuando una medición es repetida bajo condiciones idénticas. La falta de confiabilidad puede producirse por diferencias entre observadores, instrumentos de medición o inestabilidad de los atributos a medir.<sup>69</sup> Tratando de establecer la relación entre los dos sistemas de medición de la edad ósea se observa una disminución de la concordancia al relacionar los estadios SMI con CVMI. Al evaluar la concordancia de los métodos por el sexo, esta es menor en el sexo femenino ( $k = 0.568$ ,  $p < 0.0001$ ) que en el sexo masculino ( $k = 0.630$ ,  $p < 0.0001$ ), a diferencia de lo publicado por Toledo y cols<sup>39</sup>, quienes en 2010 en Cuba en un estudio realizado en 150 pacientes entre 8 y 16 años encontraron una concordancia de 0.828 en mujeres y 0.767 en hombres ( $p < 0.010$ ).

Así mismo, Morales-Domínguez y cols<sup>7</sup> encontraron una correlación de 0.727 para el sexo masculino ( $p < 0.001$ ), y de 0.860 para el sexo masculino ( $p < 0.001$ ), pero al comparar los estadios cervicales y cárpales analizados se encontró una disminución de la concordancia con un 66.6% para la muestra

femenina y 57.3% para el sexo masculino. Este caso es similar en nuestra investigación, ya que aunque ambos métodos muestran una correlación casi perfecta, al relacionar los estadios SMI y CVMI se pierden casos.

Estas discrepancias tienen que ver con la forma en que se tienen que agrupar los datos entre un sistema de medición y el otro. En las etapas iniciales hay una coincidencia entre ambas escalas de evaluación, pero a medida que evolucionan existe mayor dispersión. Además, acorde con Soegiharto y cols<sup>43</sup>, los estudios de este tipo deben ser longitudinales para poder observar mejor los cambios, sin embargo, las dificultades de obtener una muestra grande, asociadas al aumento número de exposiciones radiográficas tienden a impedir la aplicación de esta metodología.

El establecimiento de la eficacia o utilidad diagnóstica del procedimiento o instrumento a utilizar se determina mediante la sensibilidad y especificidad, éstos son necesarios cuando se desea sustituir un procedimiento o instrumento que a pesar de ser el mejor, es más costoso, invasivo y tardado para realizar u obtener un diagnóstico. De acuerdo con Jenicek no existe un nivel mágico de sensibilidad que determine que una prueba sea aceptable, aunque algunos autores consideran que si los índices tienen un valor mayor del 80% son adecuados.<sup>69</sup>

En este sentido, la validez del estudio de vértebras cervicales fue probada estadísticamente con una concordancia moderada contra el estándar de oro, pero en varios estadios parece inaceptable para uso clínico. En este sentido, nuestra área de gran preocupación en la evaluación esquelética es si el crecimiento puberal ha arribado, de ahí la importancia del estadio 3 que representa el inicio del crecimiento puberal, medición que mostró la menor con un 66% en esta etapa, mientras que en el estadio 4 se observó una disminución de la sensibilidad con un 63%, lo que indica que la exactitud y reproductibilidad del método CMVI deja mucho que desear.

Este es uno de los aportes de nuestra investigación, ya que esta metodología no se había llevado a cabo en otros estudios, y se confirma que solo en los estadios iniciales (1 y 2) se puede tomar como válido el uso de cervicales para evaluar la maduración ósea.

La maduración esquelética ha demostrado ocurrir de manera idéntica y con etapas definidas entre los grupos étnicos, sin embargo la diferencia en el tiempo de maduración esquelética entre grupos étnicos puede deberse a varios factores como diferencias genéticas, condiciones ambientales, estatus económico, nutrición, higiene y diferencias regionales y climáticas. Personas con condiciones ambientales desfavorables pueden tener retraso en la maduración esquelética.<sup>43</sup>

Con relación al ritmo de crecimiento, nuestro estudio demuestra que existe un dimorfismo sexual y varía si se le compara con la edad cronológica, estas diferencias deben ser consideradas durante el diagnóstico ortodóntico y el plan de tratamiento.

Rivas y cols<sup>52</sup> en 2009 en un estudio realizado en Chile con una muestra de 324 niños determina que el rango de edad que coincide con el estadio 3 de maduración cervical es de 10 a 11 años en niñas y 12 a 13 años en varones, etapa relevante para el odontólogo pues es en este periodo donde se produce una aceleración del pico de crecimiento. Este resultado es similar al obtenido en nuestra muestra, ya que el promedio de edad para este estadio fue de  $11.5 \pm 1.0$  años en niñas y  $12.2 \pm 1.0$  años en varones.

Hagg y Taranger en 1982 en un estudio longitudinal de la población sueca encontraron que en promedio el brote de crecimiento puberal comenzaba a los 10 años y finalizaba a los 14.8 en mujeres, mientras que en los hombres comenzaba a los 12.1 y finalizaba a los 17,1 años en ambos sexos el PVE ocurrió dos años después del inicio a los 12 años en mujeres y los 14.1 en hombres.<sup>13</sup>

Con lo anterior se corrobora lo descrito por múltiples autores; las niñas maduran más temprano que los niños. Las mujeres presentaron una madurez más avanzada en comparación con los hombres en un rango promedio de un año.

Para el clínico que desea iniciar un tratamiento ortopédico es necesario evaluar la maduración esquelética mediante una radiografía carpal o cervical. El tratamiento ortopédico se podrá lograr cuando el paciente se encuentre en las fases de iniciación y aceleración. Ya que aún queda un gran potencial de crecimiento, una vez que la etapa de transición este completa no se podrá esperar mucho crecimiento. Cuando el paciente se encuentre en la fase de desaceleración

los tratamientos ortopédicos solo podrán brindar mínimos cambios esqueléticos, y más cambios dentales.<sup>59</sup>

Finalmente, el método de maduración de edad ósea mediante el estudio de cervicales muestra en un porcentaje moderado que la edad ósea de los sujetos medidos con CVMI coincide con la edad ósea dada por Fishman además de que no requiere exposición radiográfica adicional ya que para un tratamiento ortodóncico se obtiene de rutina la radiografía lateral de cráneo. Sin embargo, es difícil definir exactamente e identificar la aparición gradual de la concavidad en el borde inferior de los cuerpos vertebrales o definir la diferencia entre formas geométricas de las vertebrales, ya que depende de la decisión arbitraria del observador. La subjetividad provoca errores significativos en el uso clínico en términos de validez y confiabilidad.<sup>67</sup> De aquí que la medición en CVMI puede ser de utilidad si no se requiere la exactitud de la maduración ósea.

## **X. CONCLUSIÓN**

El estudio de cervicales tiene un 61 % de confiabilidad para predecir la etapa de crecimiento de los pacientes, y fue menor al porcentaje esperado.

La concordancia entre los métodos de maduración cervical y carpal disminuye considerablemente en el estadio 3, periodo relevante para el Odontólogo ya que en esta etapa se produce el pico de crecimiento.

Los estadios vertebrales pueden servir como indicador de primer nivel para darnos una idea inicial en que estadio de crecimiento se encuentra el paciente y se puede prescindir de una radiografía carpal solo si no necesitamos una certeza del 100%.

Existe diferencia en el tiempo de maduración ósea entre géneros, observándose que las niñas maduran más rápido que los niños, aspecto a tener en cuenta en el momento de planificación de tratamiento ortopédico y ortodóntico.

## **XI. PERSPECTIVAS**

Aun cuando tenemos una coincidencia alta en cuanto a la relación de análisis de CVMI no podemos hacer afirmaciones categóricas para la población en general en cuestión de predicción, por lo tanto, se sugiere aumentar el tamaño de la muestra en los estadios que tuvieron menor frecuencia y aplicar una prueba de correlación en el futuro.

Existe también la posibilidad de usar métodos diferentes de evaluación de edad ósea en radiografías de mano-muñeca como Greulich & Pyle, FELS o Tanner & Whitehouse, que tienen una alta correlación con la edad cronológica y podrían compararse con el método CVMI para consolidarlo aún más e introducirlo en el ámbito odontológico en México, ya que no existen publicaciones al respecto. Sería recomendable diseñar un estudio aumentando los rangos etarios y el tamaño de la muestra para obtener mejores curvas de dispersión y hacer más significativos los resultados.

## XII. REFERENCIAS

1. Brudon W. Tratamiento ortodóntico y ortopédico en la dentición mixta. Estados Unidos: Needham Press; 2009. 1-2.
2. Bernal N, Arias MI. Indicadores de maduración esquelética y dental. Rev CES Odont. 2007; 20(1): 59-68.
3. San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado M. Maduración dentaria como método para valorar el desarrollo del paciente. Rev Esp Ortod. 2002;32:233-239.
4. Luna MAD, Martínez LC, González RE, Canseco JJ, Cuairán RV, Gaitán CLA. Relación existente entre el tamaño y forma de las vertebrales cervicales con los estadios de maduración ósea carpal. Rev Odont Mex. 2007 Sep; 11(3):121-128.
5. Torres SAR. Crecimiento y desarrollo. Rev Mex Med Fis y Rehab. 2012;14(24):54-57.
6. Suri S, Prasad C, Tompson B, Lou W. Longitudinal comparison of skeletal age determined by the Greulich and Pyle method and chronologic age in normally growing children and clinical interpretations for orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. January 2013;143:50-60.
7. Morales-Domínguez EI, Martínez-López C, González-Ramírez E, Canseco-Jiménez J, Cuairán-Ruidiaz V. Relación existente entre el tamaño y forma de las vertebrales cervicales con los estadios de maduración ósea carpal. Parte II. Rev Odont Mex. 2014;2(1):24-31.
8. Zurita C, Fuentes A. Correlación entre resultados de Radiografías Cervical lateral y Radiografía de mano-muñeca en la estimación de edad ósea en niñas. Rev Chil Radiol. 2009; 15:39-45.
9. Sobotta W. Histología. 2da ed. Madrid: Médica Panamericana; 2008. p 407-409.
10. Temboursy MT. Desarrollo puberal normal. Pubertad precoz. Revista Pediatría de Atención Primaria. 2009; XI(16):127-142.

11. Uribe GA, Alfaro JM. Valoración de la edad esquelética y el crecimiento: odontología y endocrinología pediátrica. En: Ortodoncia: teoría y clínica. 2da edición. Medellín: CIB. 2010. p. 216-236.
12. Hewitt D, Acheson RM. Same aspects of Skeletal Development through Adolescence. Variations in the Rate and Patter of Skeletal maturation at puberty. Am J Phys Anthropology. 1961;19:321-325.
13. Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the puberal growth spurt. Acta Odontol Scand. 1980;38:187-200.
14. Calixto LF. Una propuesta teórica y conceptual para el modelado de la aparición de centros de osificación en diferentes tipos de huesos planos y largos. Rev Cubana Ortop Traumatol. 2013;22:2-21.
15. Mericq V. Factores reguladores de la osificación endocondral. Medwave [Revista on-line] Abril 2007. Disponible en: <http://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/PuestaDia/Congresos/821>.
16. Cattani OA, Reyes GM. La pubertad Normal y patológica. En: Rodríguez-Portales JA. Endocrinología Clínica. Editorial Mediterráneo: 2000. p. 313-323.
17. Arciniega RNA, Ballesteros LM, Meléndez OA. Análisis comparativo entre la edad ósea, edad dental y edad cronológica. Rev Mex Ortodon. Octubre-Diciembre 2013; 1(1): 33-37.
18. Uribe-Restrepo GA. Valoración de la edad esquelética y el crecimiento. En: Alfaro-Velázquez JM. Ortodoncia Teoría y Clínica. 2da edición. Colombia: Corporación para investigaciones biológicas; 2010. p. 216-236.
19. Ceglia A. Indicadores de maduración de la Edad Ósea, Dental y Morfológica. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. [Ortodoncia.ws edición electrónica] Mayo 2005. Obtenible en: [http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2005/indicadores\\_maduracion\\_edad\\_osea\\_dental\\_morfologica.asp](http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2005/indicadores_maduracion_edad_osea_dental_morfologica.asp)
20. Torres M, Santiago ZU. El factor edad en el tratamiento de los problemas ortodóncicos en la dentición mixta. En: Santa Cruz G. Ortodoncia en Dentición Mixta. Colombia: Amolca; 2010. p 100-143.



21. Sachan K, Sharma VP, Tandon P. A correlative study of dental age and skeletal maturation. *Indian J Dent Res* . 2011;22(6):882-890.
22. Muñoz C. Pubertad normal y sus variantes. *Pediatr Integral*. 2003;VII(6):429-437.
23. Herrera E. La Pubertad. Madrid: Comité Editorial;1994.p 24-25
24. Méndez-Estrada R. Edad de la menarquía en adolescentes del noroeste de México. *Arch Latinoam Nutr*. 2006; 56(2):160-164.
25. Todd T. W. Atlas of Skeletal Maturation. Part. 1 Hand London: Kimpton; 1937.p.77.
26. Izaguirre EI, Macias TC. Atlas de Maduración Ósea Venezolano. *An Venez Nutr*. Enero 2003;16(1):1-6.
27. Ramos O, Meneses A. Evaluación de los estadios de maduración esquelética según Fishman en niños de 8 a 16 años de edad del distrito de Tambo de Mora-Chincha. *Rev Estomatol Herediana*.2005;15(1):5-10.
28. Beit P, Peltomaki T, Schatzle M, Signorelli L, Raphael P. Evaluating the agreement of skeletal age assessment based on hand-wrist and cervical vertebrae radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. December 2013;144(6):838-841.
29. Bastardo R, Figuera A, Rueda Y, Ortiz M, Quirós O. Correlación entre edad cronológica y edad ósea-dental en pacientes del diplomado de Ortodoncia Interceptiva, UGMA-2007. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria* ["Ortodoncia.ws edición electrónica] Noviembre 2009. Obtenible en: <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2009/art27.asp>
30. Chalasani S, Kumar J, Prasad M, Kumar Shetty BSK, Kumar TA. An evaluation of skeletal maturation by hand-wrist bone analysis and cervical vertebral analysis: A comparative study. *J Indian Orthod Soc*. October-December 2013. 2013;47(4):433-437.
31. Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on Hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial Growth: A systematic review. *Angle Orthodontist*. 2004;74(1):118-124.

32. Kamal M. Comparative evaluation of hand wrist radiographs with cervical vertebrae for skeletal maturation in 10-12 years old children. J Indian Soc Pedod Prev Dent. Septiembre 2006;24(3):127-135.
33. Gandini P, Mancini M, Andreani F. A comparison of Hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. Angle Orthod. 2006;76(6):984-989.
34. Herrera JR, Hernández JR. Edad de maduración ósea en niños yucatecos de 7 a 9 años de edad. Rev Odontol Latinoam. 2008;0(2):30-36.
35. Tedaldi J, Calderón R. Tratamiento de Maloclusiones según el estadio de maduración Carpal. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Disponible en :  
[http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2007/tratamiento\\_maloclusiones.as](http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2007/tratamiento_maloclusiones.as)
36. Malave Y, Rojas I, Ferrara P. Evaluación de edad ósea a través del estudio de la Radiografía Carpal. Universidad Central de Venezuela. 2007. Disponible en :fundactaodontologica.com
37. Bedoya A, Salcedo MF, Villavicencio J, Acosta BL. Evaluación de la maduración ósea mediante radiografía del carpo en niños y adolescentes afro-colombianos de Puerto Tejada, Cauca, 2007. Rev Estomat. 2009;17(1):19-25.
38. Grave KC. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. Am J Orthod. 1976;69 (6): 611-9.
39. Toledo MG. Evaluación de distintos métodos para determinar el potencial de crecimiento en pacientes de Ortodoncia. Propuesta de método simplificado. Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias Estomatológicas. Cuba: Instituto Superior de Ciencias Medicas de la Habana; 2008.
40. Fishman LS. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation-A clinically Oriented Method Base don Hand-Wrist Films. Angle Orthod. 1982;52:88-112.
41. Caballero ZM. Evaluación de los estadios de maduración ósea carpal según Fishman y su relación con la edad cronológica en niños de 7 a 15 años de edad atendidos en la Clínica Odontológica de la UNMSM. Tesis para obtener el grado de Cirujano Dentista. Peru:UNMSM; 2005.

42. Kimura K. Skeletal maturity of the hand and weist in Japanese children by the TW2 method. *Ann Hum Biol.* 1977;4(4):353-356.
43. Soegiharto MB, Cunningham SJ, Moles DR. Skeletal maturation in indonesian and White children assessed with hand-wrist and cervical vertebrae methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* August 2008;134(2):217-226.
44. Vargas SM. Anatomía y exploración física de la columna cervical y torácica. *Medicina Legal de Costa Rica.* Septiembre 2012;29(2):77-92.
45. Bick EM, Copel JW. Longitudinal growth of the human vertebra. *J Bone Joint Surg Am.* 1950 Oct; 32(4): 803-814.
46. Ortiz M. Método de Maduración ósea de las Vertebra Cervicales, en pacientes del diplomado de ortodoncia Interceptiva, UGMA-2006. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría.* Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2007/pdf/art4.pdf>
47. Şengül G. Morphometric Anatomy of the Atlas and Axis Vertebrae. *Turkish Neurosurgery.* 2006; 16(2): 69-76.
48. Hirsh C, Schajowicz F, Galante J. Structural changes in the cervical Spine. *Acta Orthop Scand Supl.* 1967;109:7-77.
49. Zaror QR, Paniagua BH. Determinación de la maduración esquelética según el método de evaluación cervicovertebral y su relación con la oportunidad de tratamiento con clase II dentoalveolar. *Int J Odontostomat.* 2008; 2(1):27-31.
50. Toledo MG, Otaño RL. Evaluación de la maduración ósea a través de las vertebra cervicales en paciente de ortodoncia. *Rev Cubana Estomatol.* 2010;47(3): 326-335.
51. Lamparsky DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. *J Anat.* 1975;1:49-68.
52. Rivas C, Avaria C, Guzman CL. Correlación entre Edad Cronológica y Maduración Ósea en Vertebra Cervicales en Adolescentes Chilenos para determinar Peak de Crecimiento Puberal. *Rev Dent Chile.* 2009;100(3):4-11.
53. San Roman P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal Maturation determined by cervical vertebrae. *Eur J Orthodont.* 2002; 24: 303-311

54. Santiago RC, Miranda-Costa LF, Farinazzo VRW, Reis FM, Bolognese AM, Cople ML. Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. A systematic review. *Angle Orthod*; 2012; 82(6):1123-1131.
55. Flores-Mir, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. Correlation of Skeletal Maturation Stages Determined by Cervical Vertebral and Hand-Wrist Evaluations. *Angle Orthod* 2006;76(1):1-5.
56. Smith R. Misuse of hand-wrist radiographs. *Am J Orthod*.1980; 77(1):7578.
57. Hassel B, Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod* 1995;107:58-66.
58. Generoso R. Evaluation of mandibular length in subjects with Class I and Class II skeletal patterns using the cervical vertebrae maturation. *Braz Oral Res*. 2010 Jan-Mar;24(1):46-51
59. Mahajan S. Evaluation of skeletal maturation by comparing the hand wrist radiograph and cervical vertebrae as seen in lateral cephalogram. *Indian J of Dent Res*.2011;22(2):309-316.
60. Silva LT. Evaluación de la edad ósea mediante el estudio de la 3ra y 4ta vertebras cervicales. Propuesta de un método simplificado Simplificado. *Ortod Esp*. 2007; 47(4):275-280.
61. García-Fernández P, Torre H, Flores L, Rea J. The Cervical Vertebrae as Maturational Indicators. *J Clinic Orthod*.1998;32:221-225.
62. Hong PC, Chien-Hiu. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *J Med Sci*.2001;17:29-31.
63. Gu Y, McNamara JA. Mandibular Growth Changes and Cervical Vertebral Maturation. A Cephalometric Implant Study. *Angle Orthod*. 2007 Nov;77(6):947-953.
64. Toshinori M, Sato K, Hideo M. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002;4:380-5.
65. Franchi L, Baccetti T, McNamara J. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. September 2000;118(3)335-340.

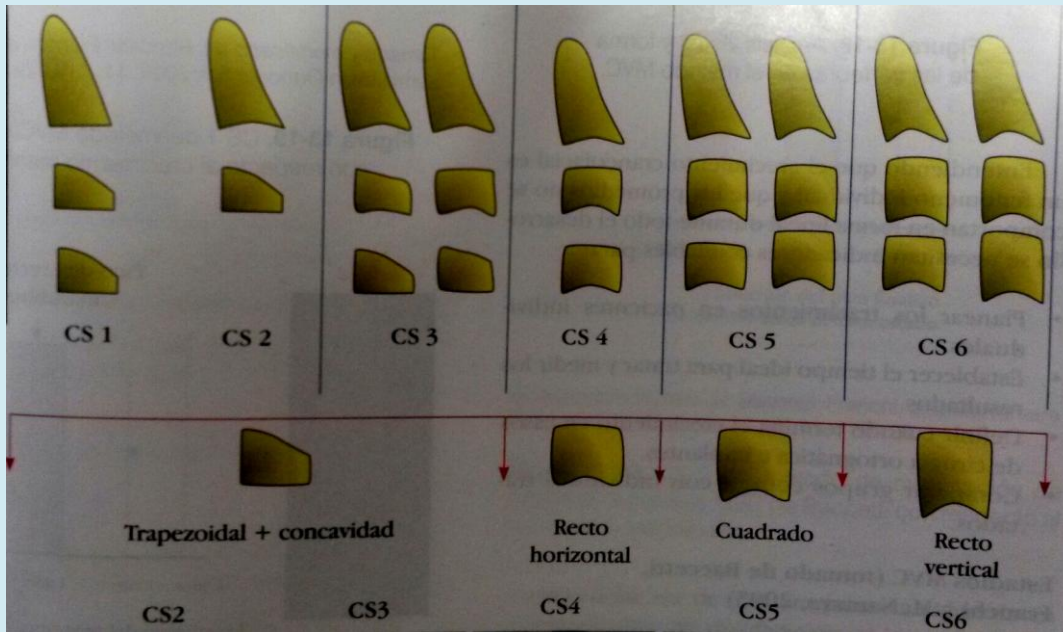
66. Wong R, Alkhal H, Rabie AB. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Oct;136(4):484.e.1-484.e6
67. Zhao XG, Lin J, Jiang JH, Wang Q, Hong S. Validity and reliability of a method for assessment of cervical vertebral maturation. *Angle Orthod.* 2012; 82(2):229-234.
68. Chang HP, Liao CH, Yang YH, Chang HF, Chen KC. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *Kaohsiung J Med Sci.* 2001;17:29-35.
69. Mendoza-Núñez VM, Sánchez-Rodríguez M. Análisis y Difusión de resultados científicos. México:FES Zaragoza, UNAM; 2001.pp 216.

### XIII. ANEXOS

#### XIV.1 FICHA DE RECOLECCION DE DATOS.

<b>N. FICHA</b>																							
<b>NOMBRE:</b> <b>FECHA DE NACIMIENTO:</b> <b>EDAD:</b> <b>SEXO:</b> <b>LUGAR DE PROCEDENCIA:</b> <b>AÑO Y MES DE ATENCION:</b> <b>FECHA DE TOMA DE RX LATERAL:</b> <b>FECHA DE TOMA DE RX CARPAL:</b>																							
<b>EDAD OSEA CARPAL:</b>	<b>ESTADIO DE FISHMAN:</b>																						
<b>SEGÚN FISHMAN</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tbody> <tr><td style="width: 30%; padding: 5px;">ESTADIO 1</td><td style="width: 70%;"></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 2</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 3</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 4</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 5</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 6</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 7</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 8</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 9</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 10</td><td></td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">ESTADIO 11</td><td></td></tr> </tbody> </table>		ESTADIO 1		ESTADIO 2		ESTADIO 3		ESTADIO 4		ESTADIO 5		ESTADIO 6		ESTADIO 7		ESTADIO 8		ESTADIO 9		ESTADIO 10		ESTADIO 11	
ESTADIO 1																							
ESTADIO 2																							
ESTADIO 3																							
ESTADIO 4																							
ESTADIO 5																							
ESTADIO 6																							
ESTADIO 7																							
ESTADIO 8																							
ESTADIO 9																							
ESTADIO 10																							
ESTADIO 11																							
																							

CONFIABILIDAD CLÍNICA DE LA MEDICIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA DE CERVICALES RESPECTO A LA MADURACIÓN ÓSEA DE CARPAL



EDAD OSEA CERVICAL:

ESTADIO I II III IV V VI

<b>ASESOR:</b>	<b>CMV</b>	<b>CARPAL</b>
----------------	------------	---------------