

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**Departamento de Estomatología IV  
(Profilaxis, Odontopediatría y Ortodoncia)**



**CORRELACIÓN ENTRE LA MADURACIÓN DENTARIA E  
INDICADORES DE CRECIMIENTO ESQUELÉTICO EN  
PACIENTES ODONTOPEDIÁTRICOS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

María Rosa Mourelle Martínez

Bajo la dirección de los doctores

Elena Barbería Leache

Nuria Gallardo López

**Madrid, 2004**

**ISBN: 84-669-2623-2**



Facultad de Odontología  
Universidad Complutense de Madrid

**Correlación entre la maduración dentaria e indicadores  
de crecimiento esquelético en pacientes  
Odontopediátricos.**

*M<sup>ra</sup>. Rosa Mourelle Martínez.*

Directores:

**Dra. Elena Barbería Leache.**

**Dra. Nuria E. Gallardo López.**

Madrid, 2004

A mi padre *Alfonso*.  
Por transmitirme su amor y dedicación a la Odontología.

## Agradecimientos

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma han colaborado en la realización de la presente Tesis.

En primer lugar, a la Profa. Dra. Elena Barbería Leache sin cuyo estímulo y ayuda no hubiera sido posible la realización de esta Tesis, como en tantas ocasiones de mi vida académica.

A la Dra. Nuria E. Gallardo López, primero alumna, siempre amiga y ahora codirectora, gracias por todo.

A la Dra. Tania Lucavechi por dedicarme su tiempo, sus conocimientos en informática y sobre todo su paciencia.

A la Dra. M<sup>ra</sup> Cruz Suárez Clúa, por su apoyo incondicional.

Al Dr. Ricardo Ortega por su amistad y colaboración en la obtención del material radiográfico.

A todos mis compañeros del Departamento de Estomatología IV por sus ánimos y fuerzas.

Al personal del Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil.

A mis hermanos por su apoyo en todos mis proyectos.

A mis alumnos de Odontopediatría por sus ánimos constantes.

A esas personas tan especiales, mis hijos Pedro y María Rosa por su paciencia durante estos momentos complicados.

Y sobre todo a Rafael.

---

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
2.1.- Embriología de la Columna Vertebral .....	4
2.2.- Desarrollo y diferenciación de las vértebras cervicales. ....	15
2.3.- Anatomía de la Columna Vertebral.....	18
2.3.a.- Caracteres comunes de las vértebras libres .....	20
2.3.b.- Características diferenciales.....	23
2.4.- Embriología Dentaria.....	29
2.4.a.- Periodos de desarrollo de la Odontogénesis.....	30
2.5.- Maduración Dentaria.....	38
2.6.- Métodos de evaluación de la maduración Ósea.....	47
2.7.- Métodos de evaluación de la maduración ósea mediante la observación de los huesos de la muñeca.....	53
2.8.- Métodos de evaluación de la maduración ósea mediante las vértebras cervicales.....	58
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	85
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	87
<b>5. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	89
5.1.- Universo del Estudio.....	90
5.2.- Muestra.....	90
5.3.- Material.....	94
5.4.- Método.....	95
5.5.- Validación Estadística.....	99

---

<b>6. RESULTADOS</b> .....	100
6.1.- Composición y características de la muestra.....	103
6.2.- Tamaño de las vértebras cervicales según la edad cronológica.....	104
6.2.1 Correlación entre medidas cervicales y la edad.....	108
6.2.2. Análisis de las diferencias de las longitudes de las vértebras cervicales en las diferentes edades.....	109
6.3.- Relación entre los tamaños de las vértebras cervicales y el género en el total de la muestra.....	114
6.4.- Maduración dentaria según la edad cronológica.....	117
6.5.- Relación entre la maduración esquelética en las vértebras cervicales y la maduración dentaria.....	119
6.6.- Predictores vertebrales de la maduración dental.....	120
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	123
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	129
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	131

## ***1. INTRODUCCIÓN.***

## ***1. INTRODUCCIÓN.***

El estudio del desarrollo y crecimiento es, en sí mismo, un proyecto interdisciplinario; el crecimiento físico es uno de los cambios que el niño experimenta con el transcurso del tiempo.

El desarrollo del organismo, constituye la ley vital de todos los seres vivos. En él interviene la acción armónica del crecimiento y la diferenciación. Entendemos por crecimiento el aumento de la masa específica de un organismo a través de los cambios de número y tamaño celular, que conducen al aumento ponderal y estatural. La diferenciación, por otro lado, es entendida como el fenómeno correlativo que consiste en la generación, a partir de una célula pluripotente e indiferenciada, de grupos de células especializadas que se agrupan posteriormente para constituir tejidos y órganos, formando un organismo (1).

El estudio del crecimiento y el desarrollo tienen un especial atractivo ya que es un periodo de gran actividad en el cual cada niño y adolescente tiene su propio ritmo de crecimiento, que no es un simple reflejo de su edad cronológica (2).

La edad biológica de un individuo indicará qué parte del proceso de maduración se ha conseguido, mientras que la edad cronológica, indicará cuanto tiempo ha vivido. La edad cronológica por sí misma no puede ser usada como identificadora de los estadios del desarrollo desde la adolescencia a la edad adulta.

Para determinar la edad biológica, observamos en su conjunto diversos parámetros como son: la talla o estatura, el peso, la maduración esquelética y dental, y la presencia de caracteres sexuales secundarios. Es importante, por tanto, conocer los valores promedios para cada parámetro, en relación a un denominador común, la edad cronológica, para conocer de esta forma si alguno de estos parámetros se encuentra adelantado o retrasado (3).



La estatura no es una expresión de madurez de por sí, sin embargo, la forma y el patrón de la curva individual (crecimiento acumulado) y la curva de velocidad (crecimiento por año) tienen un patrón característico en todos los niños. La curva de velocidad puede ser dividida en tres períodos: infantil, juvenil y de la adolescencia.

El peso es una medición utilizada ampliamente, pero es un indicador insatisfactorio de la maduración somática.

La maduración esquelética/edad ósea constituye una medida de cuánto ha progresado la osificación de los huesos hacia la madurez, a juzgar generalmente, por la morfología y la mineralización de los huesos. Pero además, la maduración esquelética puede ser evaluada estudiando huesos específicos (4).

En nuestro campo odontológico, algunos tratamientos se ven favorecidos si se realizan cuando el individuo alcanza un momento de crecimiento y desarrollo determinado; por lo tanto, es muy importante poder determinar de manera fiable la edad ósea, lo cual nos proporcionará datos para poder actuar de la manera más adecuada y de esta manera, asegurar el éxito de nuestra actuación.

La edad ósea es el índice más utilizado para determinar la edad biológica. La determinación de esta, se basa en la aparición de forma regular y secuencial de diversos factores de desarrollo y maduración durante el desarrollo óseo que pueden constatarse mediante la valoración radiográfica de una o más áreas del cuerpo.

Sin duda el método más utilizado en la clínica es, entre otros, la radiografía de la mano por su fiabilidad y accesibilidad.

En Odontostomatología es frecuente realizar telerradiografías en las que aparecen las primeras vértebras cervicales. Uno de los sistemas óseos más estudiados desde hace mucho tiempo, es la columna vertebral. Los estudios sobre su evolución arrancan desde la fase del embrión y se continúan a través de toda la vida del individuo,

es uno de los sistemas que permiten valorar la edad ósea del individuo estudiando la modificación de su aspecto y crecimiento.

La importancia clínica de la valoración de la maduración esquelética ha sido reconocida desde hace mucho tiempo por los profesionales de la salud. La maduración esquelética es una parte integral de los patrones individuales de crecimiento y desarrollo. La genética y las anomalías adquiridas conducen con frecuencia a desviaciones en dicha maduración. Las tendencias seculares también son evidentes, con generaciones sucesivas más altas y que alcanzan antes la pubertad (5).

La maduración o calcificación dental es un indicador totalmente significativo de la maduración somática del diente, por tanto más importante que su aparición clínica debido a diferentes razones. Mientras que la aparición de un diente es un suceso momentáneo, siendo muy difícil el determinar el momento exacto en que se produce; la calcificación es un proceso continuo, el cual puede ser observado de forma permanente mediante radiografías.

Además, cabe destacar que en la aparición de un diente pueden concurrir diferentes factores exógenos tales como, infecciones o exodoncias prematuras del predecesor temporal.

El tipo de crecimiento desarrollado es el mismo para cada diente y aunque no existen diferencias significativas entre género, sí se aprecian ligeramente entre hemiarquadas (6).

Es por tanto inadecuado utilizar el patrón eruptivo de los dientes para determinar el momento óptimo de algunos tratamientos odontológicos. De hecho, la planificación terapéutica se hace más compleja cuando no existe correlación entre el desarrollo esquelético y dental, especialmente, si la maduración dental se halla retrasada con respecto a la maduración ósea (7).

## ***2. ANTECEDENTES.***

## **2. ANTECEDENTES.**

### **2.1.- EMBRIOLOGÍA DE LA COLUMNA VERTEBRAL.**

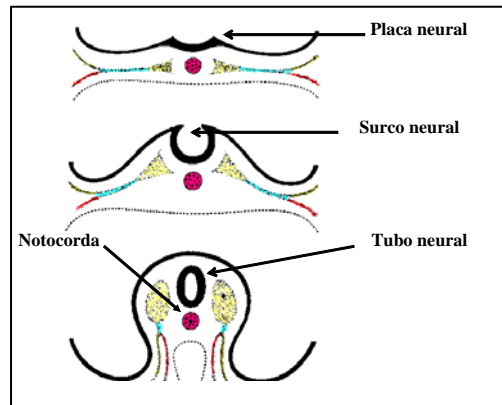
Una vez finalizada la segunda semana, el embrión humano está constituido por un conjunto de células que forman un disco bilaminar de unos 0,2mm de diámetro (8). Una de las dos láminas limita con la cavidad amniótica y está formada por las células columnares que forman el llamado epiblasto o ectoblasto. La otra lámina se conoce con el nombre de hipoblasto o entoblasto y forma parte de la pared de la vesícula vitelina.

A los 15 días del desarrollo a nivel del epiblasto, en el extremo caudal se desarrolla por proliferación y diferenciación celular la línea primitiva (gastrulación), limitada por dos bordes salientes y cuyo extremo cefálico va ampliándose, formando el nódulo primitivo o de Hensen, el cual presenta en el centro una depresión, la llamada fosita primitiva.

Las células que migran de la fosita primitiva se dirigen en sentido craneal hasta alcanzar la lámina procordal y durante este trayecto configuran una estructura a manera de cilindro, esta estructura se denomina prolongación cefálica o notocorda.

En la tercera semana de desarrollo, se produce en el ectodermo la llamada placa neural que se extiende desde el nódulo primitivo hasta la placa procordal. Rápidamente comienza a aumentar su tamaño y se invagina hacia la notocorda subyacente, formando un canal denominado surco o pliegue neural, que poco a poco se hace más profundo, dando lugar a las crestas neurales (Fig. 1).

Los bordes del surco neural se van aproximando entre sí y acaban uniéndose, transformándose en un tubo hueco denominado tubo neural, que queda por debajo del ectodermo, paralelo a la notocorda. Este proceso se denomina neurulación.

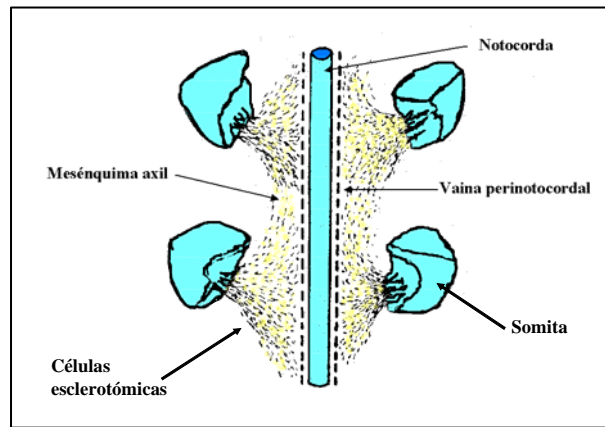


**Figura 1.-** Esquema de secciones transversales de la evolución de las estructuras axiales del embrión en las primeras tres semanas del desarrollo. *Tomada de Uthoff.*

El tubo neural al principio se mantiene abierto por sus dos extremos, los llamados neuroporos anterior y posterior, sobre la mitad de la cuarta semana se cierra el anterior y al final de la misma semana el posterior.

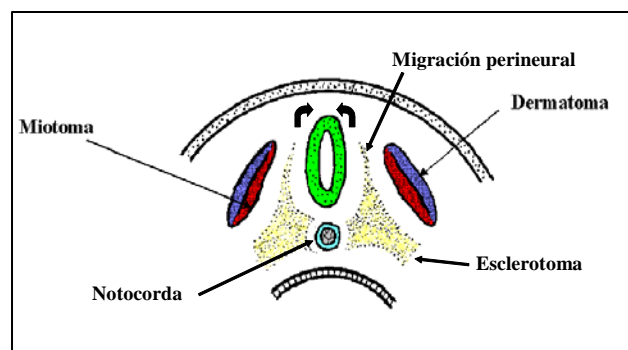
El mesodermo paraxial de ambos lados del extremo anterior del tubo neural, se diferencia subdividiéndose longitudinalmente en acúmulos celulares denominados somitómeros, que van apareciendo cefalocaudalmente a lo largo del tubo neural y la notocorda a medida que el embrión va creciendo.

Los primeros siete somitómeros permanecen como tales, pero los que se disponen a lo largo del mesodermo paraxial se diferencian en bloques bien definidos denominados somitas que alcanzan un número total de 42 a 44 pares (Fig. 2).



**Figura 2.-** Esquema frontal de la migración de las células esclerotómicas. *Tomada de Uthoff.*

De cada somita emergen tres estructuras, una ventromedial, el esclerotoma, otra dorsolateral, el dermatoma y una última dorsomedial, el miotoma (Fig. 3). Del esclerotoma deriva el esqueleto postcraneal; a partir del dermatoma se forma la dermis y el tejido celular subcutáneo del cuerpo y a partir del miotoma se diferencian los músculos. Los primeros 4 o 5 pares de somitas, los craneales, se incorporan a la región occipital, los 8 pares siguientes, los cervicales, formarán la región cervical e incluso los más apicales de este grupo, tomarán parte en el desarrollo de la región de la nuca. Los 12 pares de somitas siguientes, los dorsales o torácicos, formaran las vértebras dorsales, así como los huesos y músculos estriados y dermis del tórax.



**Figura 3.-** Esquema de sección transversal de la migración de las células esclerotómicas. *Tomada de Uthoff.*

Algunos grupos celulares que emigran lateralmente, a partir de los somitas cervicales más bajos y los dorsales más altos, se integran en los esbozos de los miembros superiores para contribuir a su desarrollo.

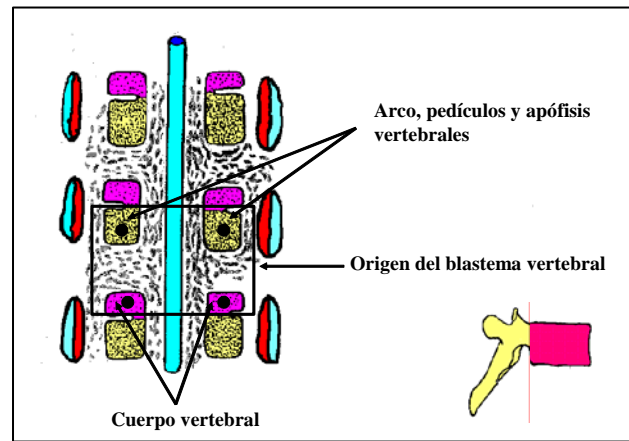
Los 5 somitas lumbares, se disponen a continuación de los dorsales, y forman las estructuras de la columna lumbar y los músculos y tegumentos de las paredes del abdomen.

A continuación, se disponen los 5 somitas sacros de los que derivarán el hueso sacro y las estructuras asociadas. En la formación del miembro inferior entrarán a formar parte células emigradas de miotomas lumbares bajos y sacros altos. Los somitas restantes formarán parte del desarrollo de la cola del embrión, incluyendo la diferenciación del coxis.

En el desarrollo de la columna vertebral los llamados genes de Hox son los que han permitido conocer y comprender este proceso de desarrollo (9). Se cree que cada gen de Hox contiene la información para el desarrollo de una específica posición a lo largo del eje craneocaudal del embrión (10).

Los genes de Hox se encuentran presentes en todos los mamíferos; no se deben excluir otros factores como responsables adicionales de las variaciones de la morfología vertebral (11).

Las células emigradas desde cada par de esclerotomas (Fig. 4) que alcanzan, generalmente al final de la cuarta semana de vida, la notocorda constituyen el esbozo del blastema vertebral primitivo, siendo la lámina perinotocordal la inductora de este proceso (12).



**Figura 4.-** Representación esquemática frontal de la segmentación esclerotómica.

*Tomado de Sadler.*

Las células esclerotómicas de ambos lados se unen y forman el arco neural o vertebral; el defecto de cierre posterior del arco neural se debe, en la mayoría de los casos, a una disminución del factor inductivo del tubo neural lo que da lugar a la aparición de uno o más arcos vertebrales (13), la forma más frecuente es la espina bífida oculta de la región lumbar, cuya incidencia en la población puede situarse entre el 3% y el 18% (14).

Parece ser, que este tipo de defectos tiene una relación importante con los factores genéticos pero también nutricionales, se ha observado que dietas maternas bajas en ácido fólico o selenio dañan el metabolismo del zinc, muy necesario para el desarrollo normal del tubo neural (15).

Entre la cuarta y la quinta semana de vida se establece el patrón que determina el futuro desarrollo de la columna vertebral. Los esclerotomas se segmentan de nuevo, apareciendo los escleromitos craneales y caudales, posteriormente cada par de escleromitos craneales se fusiona con los correspondientes caudales suprayacentes configurando, de esta manera, el blastema vertebral (16).

Las vértebras cervicales se forman a partir de los ocho somitas cervicales. La base del cráneo se forma mediante la unión del primer somita cervical y los

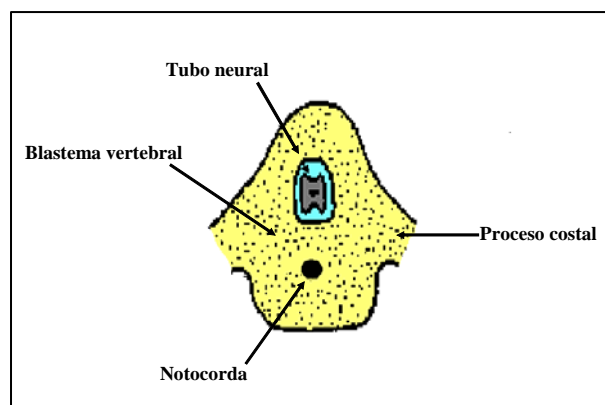


escleromitas caudales del cuarto somita occipital, esta es la razón por la que existen ocho pares de nervios raquídeos cervicales y solo siete vértebras en la región cervical.

En esta región los pares raquídeos emergen por encima de su vértebra correspondiente mientras que en el resto de la columna vertebral, estos nervios aparecen por debajo de la vértebra correspondiente.

La teoría de doble segmentación del mesodermo paraxial, en la primera se originarían los somitas y en la segunda los escleromitas, aunque ampliamente aceptada también ha sido discutida. Algunos autores sostienen (12,17, 18) que el cuerpo del blastema vertebral proviene del material perinotocordal proveniente de los somitas y no de las mitades de cada esclerotoma.

A las cuatro semanas de desarrollo (Fig. 5) se pueden distinguir los procesos costales, que solo se desarrollaran independientemente en la zona dorsal, no obstante estos procesos mantienen su capacidad individual de desarrollo, lo que explica la aparición de costillas supernumerarias (19)

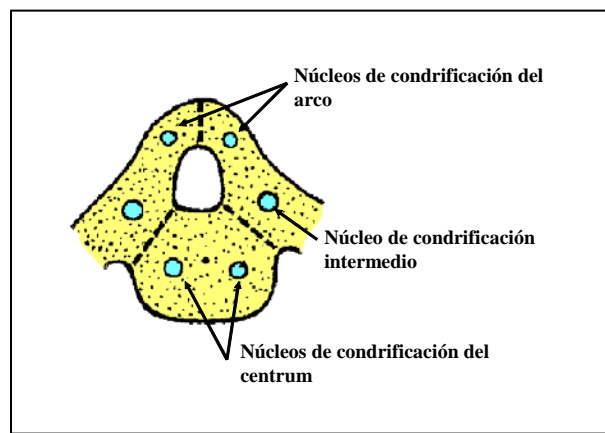


**Figura 5.-** Esquema de un esbozo vertebral membranoso en un embrión de cuatro semanas. *Tomada Uthoff.*

El proceso de condricación comienza durante la sexta semana de vida con la diferenciación de seis puntos de condricación, y se completa durante el cuarto mes de vida.

Durante el desarrollo se establece el tipo vertebral de cada región muy al principio de este proceso. Se han realizado experimentos en la línea de transplantar material somático de la región dorsal a la cervical, produciéndose en esta última procesos costales (20).

La osificación de las vértebras cartilaginosas comienza al final del segundo mes de vida intrauterina, mientras que en los arcos vertebrales se acepta la existencia de dos núcleos primarios de osificación, uno a cada lado; en el cuerpo vertebral no está totalmente confirmada la aparición de uno (21-24) o dos (25-27) centros de osificación (Fig. 6). No obstante si son dos, se unen por un puente óseo que transporta vasos nutricios.

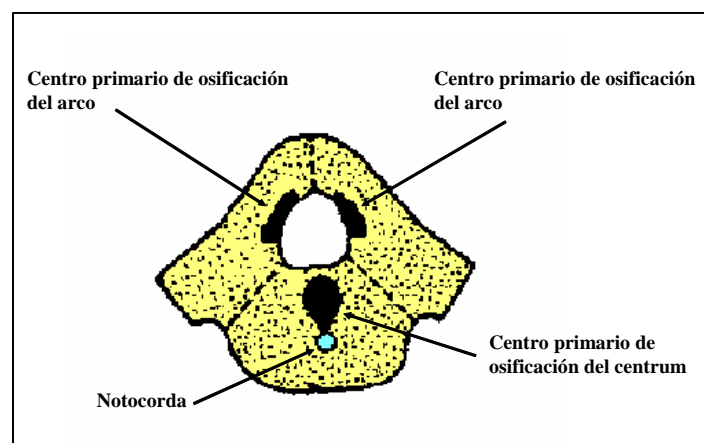


**Figura 6.-** Esquema de los centros de condricación en una vértebra membranosa de un embrión entre cinco y seis semanas de desarrollo. *Tomado de Uthoff.*

La aparición de los centros primarios de osificación se extienden craneal y caudalmente, alcanzando el nivel de la quinta vértebra lumbar hacia el final del tercer mes y el de la segunda vértebra cervical al final del cuarto mes.

La osificación en los arcos vertebrales comienza en los puntos primarios situados en las partes laterales de los arcos, entre las futuras láminas, pedículos y procesos transversarios y articulares. La osificación surge en la superficie interna de los arcos (Fig. 7) como un engrosamiento del pericondrio que se va extendiendo hacia todo el esbozo del arco neural (23). En la semana duodécima del desarrollo, se observa un hueso membranoso de origen periostal en la superficie interna del arco vertebral y más tarde, en la semana siguiente, la diferenciación ósea aparece en su cara externa y continua su expansión a lo largo y ancho del arco neural. Los vasos periostales emiten colaterales que se introducen en el hueso en formación y facilitan el desarrollo de células osteogénicas que van dando lugar a la formación de trabéculas óseas.

Los centros primarios de osificación parecen durante un tiempo unas zonas curvadas con tres cartílagos de crecimiento separados entre sí, responsables respectivamente de las láminas y proceso espinoso, los procesos articulares y la apófisis transversa. Esta osificación de origen perióstico ha hecho proponer a algunos autores (29) que a través de sus inserciones, son los músculos, que mediante determinados reflejos fetales, los que juegan un papel estimulante importante en la osteogénesis del arco vertebral.

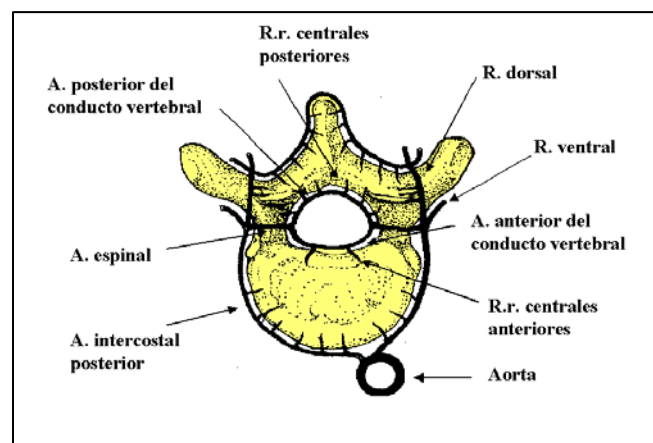


**Figura 7.-** Esquema de los centros primarios de osificación en las 12 semanas de desarrollo. *Tomado de Uthoff.*

A pesar de existir diversas teorías sobre el punto de iniciación y posterior expansión del proceso de osificación a lo largo de la columna vertebral, parece claro que los tres núcleos primarios de osificación se pueden observar en todas las vértebras a partir del cuarto mes de vida intrauterina e incluso algo antes. También se acepta que en la región cervical los centros de osificación aparecen antes en los arcos que en los cuerpos vertebrales, siendo lo contrario a nivel de la columna dorsal baja y lumbar alta.

En la columna torácica alta y media, los núcleos primarios aparecen simultáneamente. Se interpreta que la osificación de los cuerpos vertebrales va pareja con la maduración de la notocorda, en tanto que la de los arcos depende en mayor medida de los somitas y del desarrollo neural.

La red vascular que nutre no sólo el cuerpo vertebral, sino toda la vértebra, se compone de dos arterias segmentarias que circundan la vértebra, anastomosándose entre sí, enviando vasos nutricios a la misma, acompañada de una rica red venosa (Fig. 8). Durante el crecimiento postnatal esta disposición vascular varía sustancialmente (28). Hasta los siete años de edad, se mantiene el anillo arterial nutricional alrededor del centrum o cuerpo vertebral y a partir de esta edad, comienza un proceso de reducción que se extiende hasta los quince años.



**Figura 8.-** Disposición general de la vascularización vertebral arterial. *Tomado de Uthoff.*

---

## **2.2.-DESARROLLO Y DIFERENCIACIÓN DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES.**

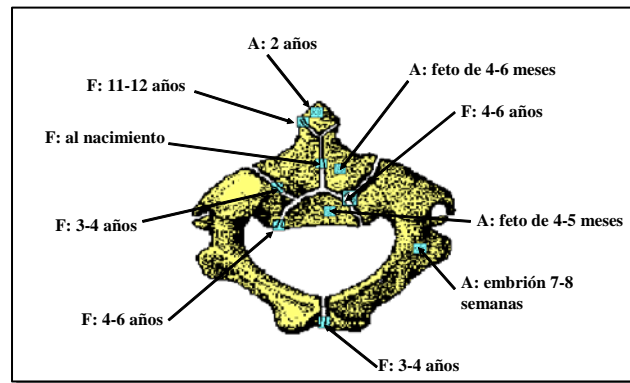
Las dos primeras vértebras cervicales presentan un desarrollo y diferenciación con características especiales respecto a las demás vértebras cervicales. En los animales vertebrados más pequeños, el Proatlas permanece independiente entre el hueso occipital y la primera vértebra cervical, en cambio, en el hombre la porción esclerotómica caudal del cuarto somita occipital se fusiona con el escleromita craneal del primer somita cervical y forma un esbozo óseo (Proatlas), es decir esta fusionado con el hueso occipital (12).

Cuando ha desaparecido el centrum de la primera vértebra cervical, se produce la condricación de las masas laterales (45 días de desarrollo). Por otra parte, el tubérculo anterior del Atlas y el arco anterior lo hacen a los 52 días de desarrollo (30).

A partir del cuarto mes de vida intrauterina comienza la osificación del Atlas, Sobre la séptima semana aparecen primero dos centros, uno para cada masa lateral formando las caras articulares tanto superiores como inferiores (31,32).

En el momento del nacimiento, el Atlas está formado por dos masas óseas correspondientes a los centros de osificación descritos en el párrafo anterior, hasta los tres años no se osifica la parte anterior de la apófisis cerrándose el agujero costotransversario.

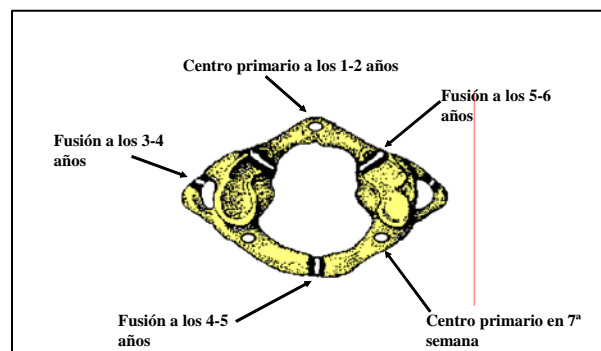
Durante el primer año de vida la primera vértebra está prácticamente diseñada y solo crecerá en tamaño y fortaleza con el fin de soportar la carga que supone las inserciones musculares (Fig. 9). Al final del primer año y comienzo del segundo año de vida, comienza la osificación del arco anterior y durante el periodo que transcurre de los tres a los cuatro años sigue siendo identificable como una masa separada del resto de masa del Atlas (33).La unión entre el arco anterior y el resto del hueso no se realiza antes de que el ser humano cumpla los cinco o seis años de vida.



**Figura 9.-** Centros primarios de osificación del atlas. A: Tiempo de aparición.  
F: Tiempo de fusión. *Tomado de Sadler.*

La osificación del Axis se realiza mediante cinco centros de osificación primaria (Fig. 10), uno para el centrum, dos para el arco y dos para la apófisis odontoides, salvo para el apex que tiene su propio punto de osificación. Los centros de osificación del arco aparecen entre las siete y ocho semanas de vida intrauterina.

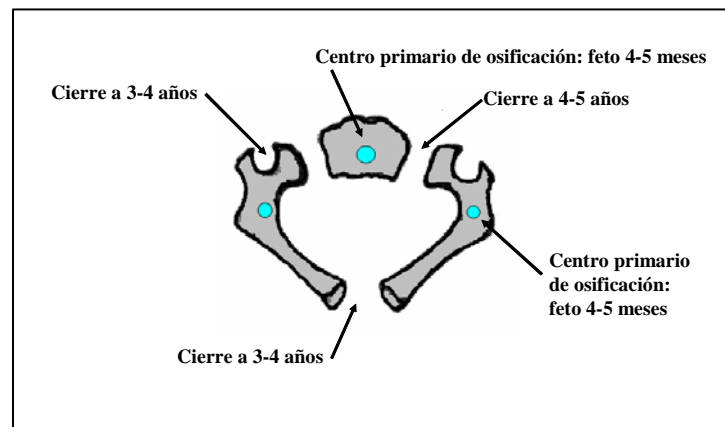
El centro de osificación del cuerpo aparece más tarde entre el cuarto y quinto mes (34), al mismo tiempo surgen dos centros, uno a cada lado de la línea media en la base de la apófisis odontoides (35). Hasta los cuatro o cinco años persiste un surco longitudinal medio en la cara posterior de la apófisis odontoides que a esta edad empieza a desaparecer.



**Figura 10.-** Centros primarios de osificación del axis. *Tomado de Uthoff.*

La unión entre el centrum y el resto del hueso suele producirse entre los cuatro y seis años. Las líneas de fusión sobre los diez años desaparecen, la última en desaparecer es la parte posterior de la unión odontoides-centrum (36). Al alcanzar los dos años, aparece un pequeño nódulo de osificación en el apex de la apófisis odontoides confiriendo a esta un aspecto bifurcado, el cual desaparece a los doce años por fusión de dicho nódulo con el resto del hueso.

El resto de vértebras cervicales osifican de acuerdo con el patrón general de toda la columna vertebral. Se producen tres centros de osificación, en cada vértebra, que son reconocibles entre los cuatro y cinco meses de desarrollo intrauterino (Fig. 11).



**Figura 11.-** Vértebra cervical en el recién nacido. *Tomado de Sadler.*

El agujero costotransversario que se origina a partir de los arcos neurales, suele estar cerrado hacia los tres a cuatro años de edad. El centrum vertebral comienza su osificación durante el tercer mes de vida intrauterina y desde la séptima vértebra cervical, alcanzando la tercera vértebra en el comienzo del cuarto mes. En el momento del nacimiento, cada vértebra cervical está constituida por tres elementos óseos separados.

Las láminas vertebrales terminan su fusión entre los tres y cuatro meses de vida, así mismo la unión del centrum con el arco neural se realiza al final del cuarto mes de vida.

### **2.3.-ANATOMÍA DE LA COLUMNA VERTEBRAL.**

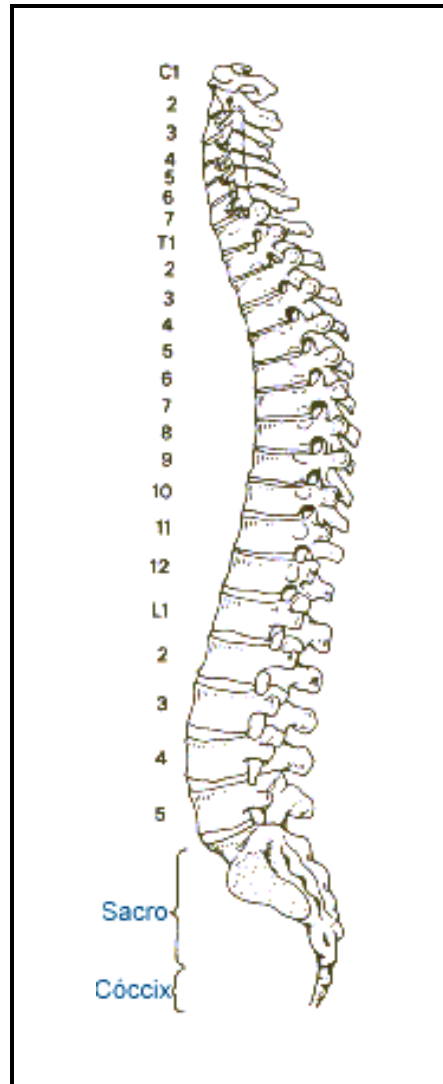
La columna vertebral está situada en la línea media del cuerpo, formando la parte posterior del tronco, su longitud media es de 71 cm en los varones. La longitud media de las hembras es de 61 cm (37).

Desempeña un papel mecánico fundamental constituyendo el eje del cuerpo en los vertebrados y sirviendo de sostén a la cabeza, al cuello, al tronco y a los miembros superiores permitiendo sus movimientos. Forma parte de las paredes posteriores de la caja torácica y la cavidad abdomino-pelviana sirviendo de base de sustentación a los órganos internos de estas cavidades. Es un tallo óseo, hueco destinado a contener y proteger la médula espinal y a sus envolturas o meninges (38).

Está constituida por las vértebras, que son 33 ó 34 elementos óseos (Fig. 12), discoideas que se superponen, distribuidas así: 7 cervicales, 12 dorsales, 5 lumbares, 9 o 10 pélvicas. Las vértebras cervicales, dorsales y lumbares son independientes, “libres”, las pélvicas se sueldan formando 2 elementos, el sacro y el cóccix. Las 5 sacras, sin articulación entre ellas están fundidas y componen el hueso llamado Sacro, y las 4 coccígeas, sin articulación entre ellas están fundidas y componen el hueso llamado cóccix - tampoco existe articulación entre el sacro y el cóccix; según teorías evolutivas sería la reminiscencia del rabo o cola correspondiente a otras especies animales.

Todas las vértebras libres de la columna vertebral poseen caracteres comunes. Así mismo según su posición presentan características propias e incluso individuales, que como veremos, es el caso de las vértebras cervicales, las cuales centran este estudio





**Figura 12.-** Diagrama de la Columna Vertebral. *Tomado de Netter.*

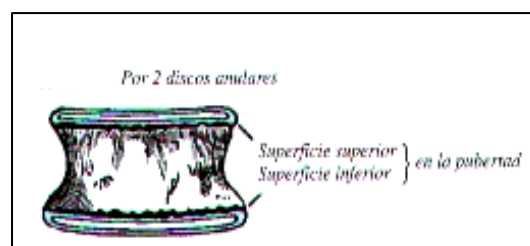
### 2.3.a.-Caracteres Comunes de las Vértebra Libres.

Todas las vértebras que conforman la columna tienen los siguientes caracteres comunes:

- Un cuerpo
- Un agujero
- Una apófisis espinosa
- Dos apófisis transversas
- Cuatro apófisis articulares
- Dos láminas
- Dos pedículos

#### **Cuerpo.**

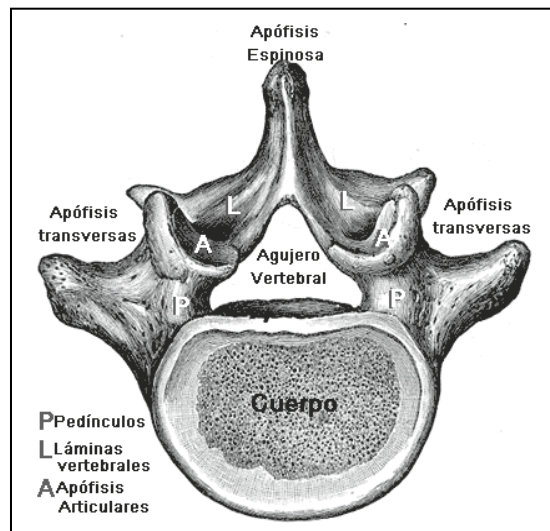
El cuerpo ocupa la parte anterior y tiene la forma de un cilindro con dos caras y una circunferencia. De las dos caras, una es la superior y la otra la inferior. Son planas y horizontales. Una y otra presentan una parte central deprimida, agujereada, de tejido esponjoso, circunscrita por una zona anular ligeramente prominente y formada de tejido compacto escotado en la parte posterior de su contorno denominado rodete anular. La circunferencia, cóncava en sentido vertical por delante y por los lados, presenta un canal horizontal, dirigido de uno al otro lado. Por detrás, es plana o está excavada en sentido transversal, para constituir la pared anterior de agujero vertebral. En su parte media se ven numerosos orificios destinados a conductos venosos, que proceden del cuerpo vertebral (37) (Fig. 13).



**Figura 13.-** Cuerpo. Tomado de Gray.

### El Agujero Vertebral.

Está comprendido entre la cara posterior del cuerpo vertebral y la apófisis espinosa. Tiene la forma de un triángulo con los ángulos más o menos redondeados.



**Figura 14.-** Agujero Vertebral, Apófisis Espinosa, Apófisis Transversas. *Tomado de Sobotta-Netter.*

### La Apófisis Espinosa.

Impar y media se dirige hacia atrás bajo la forma de una larga espina, de la cual recibe el nombre. Se distinguen en ella la base, que la une a la vértebra; el vértice, a veces ligeramente desviado a derecha o a izquierda; dos caras laterales izquierda y derecha, relacionadas con los músculos espinales; un borde superior, más o menos cortante; un borde inferior, generalmente más grueso que el precedente y también mucho más corto (Fig. 14).

### Las Apófisis transversas.

En número de dos, una derecha y otra izquierda, se dirigen transversalmente hacia fuera, y de ahí el nombre que llevan. En cada una de ellas hemos de considerar: la

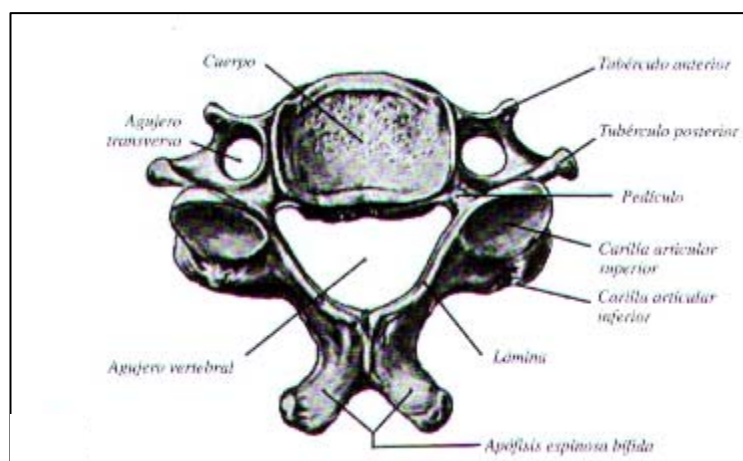
base, que la une a la vértebra; el vértice, que es libre; dos caras, anterior y posterior, y dos bordes, superior e inferior.

### Las Apófisis articulares.

Son dos eminencias destinadas a la articulación de las vértebras entre sí. Son en número de cuatro: dos ascendentes y dos descendentes. Colocadas simétricamente a cada lado del agujero vertebral, unas y otras sobresalen hacia arriba o hacia abajo del nivel del arco óseo que limita este orificio.

### Las Láminas vertebrales.

En número de dos: derechas e izquierda. Aplanadas y cuadriláteras, forman la mayor parte de la pared posterolateral del agujero raquídeo. Se distingue en cada una de ellas: la cara anterior, que mira a la medula; la cara posterior, cubierta por los músculos espinales; dos bordes, superior e inferior; la extremidad interna, que se confunde con la base de la apófisis espinosa, y la extremidad externa, que se suelda, ya con la apófisis transversa, ya con las apófisis articulares. Las laminas vertebrales son ligeramente oblicuas hacia abajo y atrás (Fig. 15).



**Figura 15.-** Láminas vertebrales. *Tomado de Sobotta-Netter.*

### Los Pedículos.

Son dos porciones óseas delgadas y estrechas que a uno y a otro lado, unen la base de la apófisis transversa y las dos apófisis articulares correspondientes a la parte posterior y lateral del cuerpo vertebral. Los bordes inferior y superior son curvos, lo que hace que cada pedículo presente dos escotaduras, una superior y una inferior. Estas escotaduras, superponiéndose regularmente con las vértebras vecinas, forman a cada lado de la columna vertebral una serie de agujeros, llamados agujeros de conjunción, por los que salen los nervios raquídeos (38).

#### 2.3.b.-Características Diferenciales.

Cada elemento de la vértebra trae consigo un carácter morfológico que permite reconocer la región a que pertenece la vértebra.

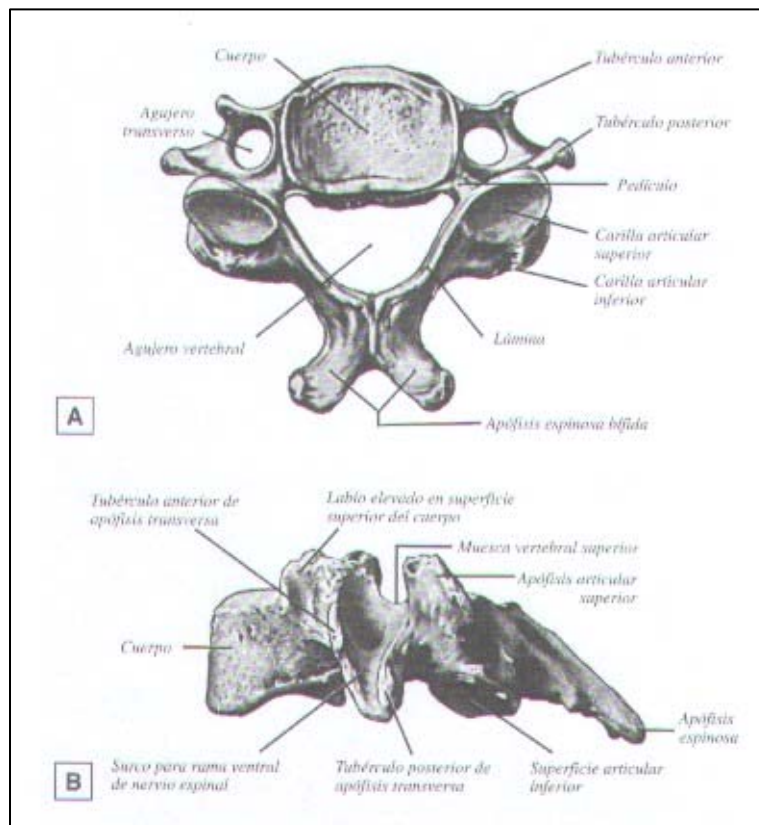


**Figura 16.-** Vértebras Cervicales. *Tomado de Sobotta.*

### A. – Vértebras Cervicales:

El cuerpo, alargado transversalmente, presenta como caracteres distintivos (Fig. 16):

- por delante, en la línea media: una pequeña prominencia vertical
- en las extremidades laterales de su cara superior, dos pequeñas eminencias, ganchos o apófisis semilunares;
- en los extremos laterales de su cara inferior, dos pequeñas escotaduras que, en el esqueleto armado, están en relación con los ganchos de la vértebra subyacente. El agujero es triangular, de base anterior. La apófisis espinosa es corta, poco inclinada, tiene un canal en su borde inferior y esta bifurcada en su vértice (Fig. 17).



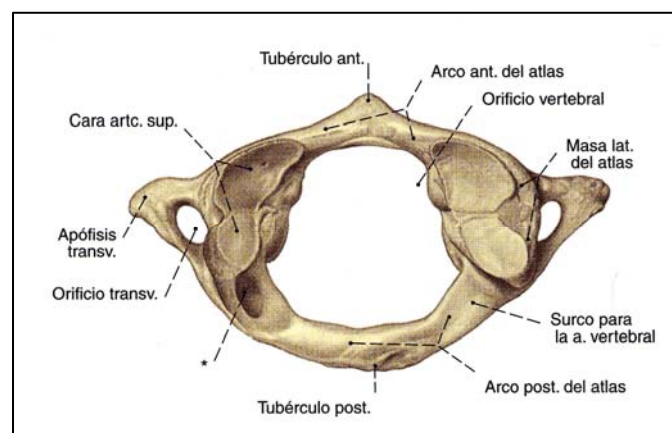
**Figura 17.-** Vértebra cervical típica: A. Cara Superior. B. Cara Lateral Izquierda.

*Tomada de Sobotta.*

Las apófisis transversas están implantadas a cada lado del cuerpo. Tienen un canal en su cara superior, son bituberculosas en su vértice y en su base existe un agujero, llamado agujero transverso. Las apófisis están a cada lado, colocadas exactamente una encima de la otra. Sus carillas miran hacia atrás y arriba en las apófisis superiores, hacia delante y abajo en las apófisis inferiores. Las láminas son cuadriláteras, más anchas que altas y dirigidas oblicuamente hacia abajo y atrás. Los pedículos se implantan en el cuerpo vertebral en un punto algo menos distante de su cara superior que de la inferior. Las dos escotaduras no son exactamente iguales: la inferior es algo más profunda que la superior (39).

La columna vertebral cervical, consta de siete vértebras, son las más pequeñas en tamaño de la columna, la espina cervical forma la principal conexión entre el cuello, el tronco y las extremidades (40, 41).

Las dos primeras vértebras cervicales, Atlas (Fig. 18) y Axis, anatómicamente presentan rasgos propios y particulares. Cave, en 1937 (9) observa esta zona y propone que la tercera vértebra cervical se denomine “vértebra crítica”, ya que está en un lugar especial y es la unión entre el cráneo y sus dos vértebras cervicales más próximas, cuya función está unida a éste y el resto de la columna vertebral, mucho mas estable. Cave encuentra un alto grado de osificación de esta vértebra, que interpreta como un intento de formar un sacrocervical, no sólo para asegurar la estabilidad cervicraneana, sino también para facilitar la transmisión del peso craneal.

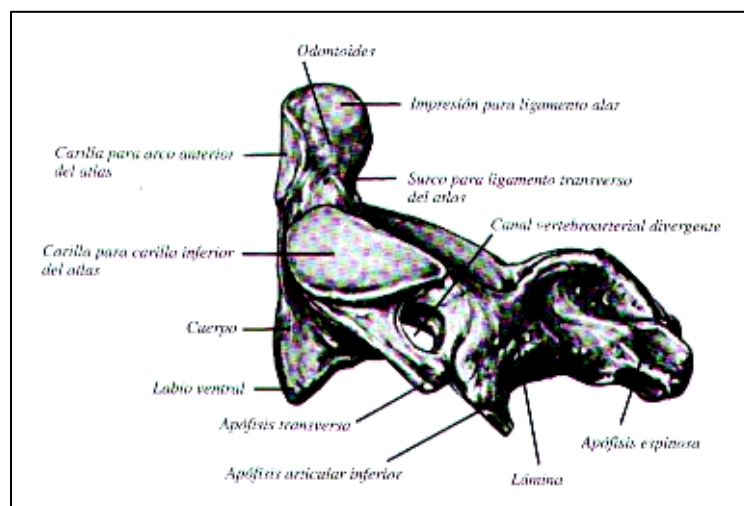


**Figura 18.-** Primera vértebra cervical o atlas: cara superior. *Tomada de Sobotta.*

El Atlas o primera vértebra cervical, que se presenta en la figura anterior, presenta ausencia de cuerpo vertebral (41), en él se distinguen un arco anterior, un arco posterior y dos masas laterales que en conjunto, se disponen en forma de anillo. De las masas laterales sobresalen, como se ve, las apófisis transversas; esta vértebra carece de cuerpo y apófisis espinosa.

Las masas laterales tienen una carilla articular superior en donde encajan los cóndilos del hueso occipital, y otra inferior destinada al Axis. Como en el resto de las vértebras cervicales, existe un agujero por el que pasa la arteria y las venas vertebrales (43).

El Axis (Fig. 19) es la segunda vértebra cervical y es el mayor y más fuerte de los segmentos cervicales. Su característica diferencial es la apófisis odontóide propia y única de esta vértebra, una prolongación hacia arriba del cuerpo vertebral que ocupa el lugar que correspondería al cuerpo del Atlas, que como vimos era inexistente; su función principal es la de servir de pivote de la rotación del Atlas (44).

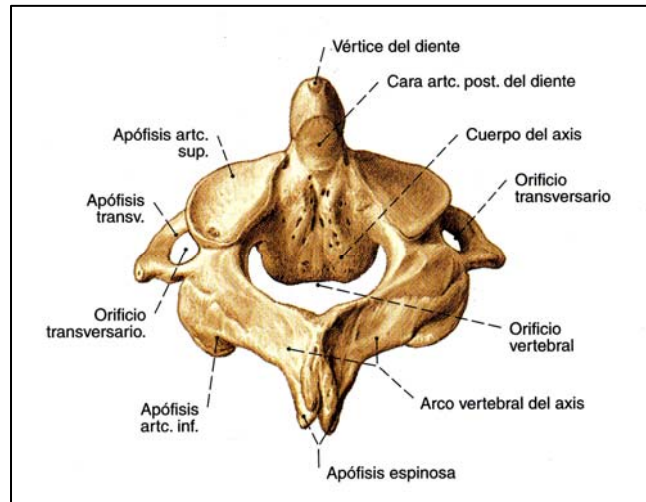


**Figura 19.-** Axis: segunda vértebra cervical. Tomada de Sobotta-Netter.

En el Axis (Fig. 20) las apófisis transversas tienen un agujero para proteger los vasos vertebrales; siendo la apófisis transversa, horizontal y muy prominente. Existe

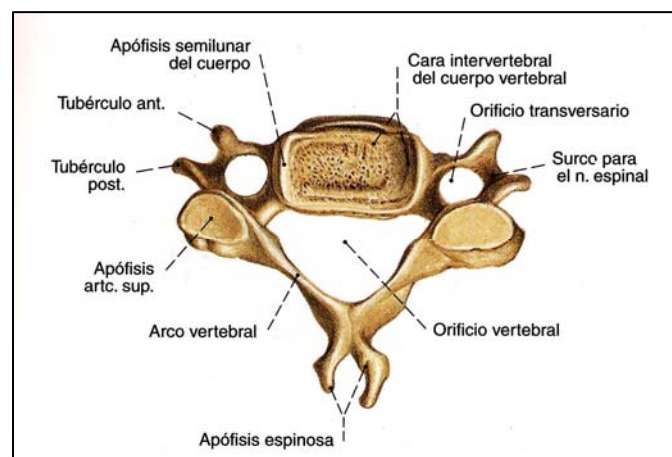


una apófisis articular inferior que se articula con la superior de la tercera vértebra constituyendo la primera articulación posterior interapofisaria.



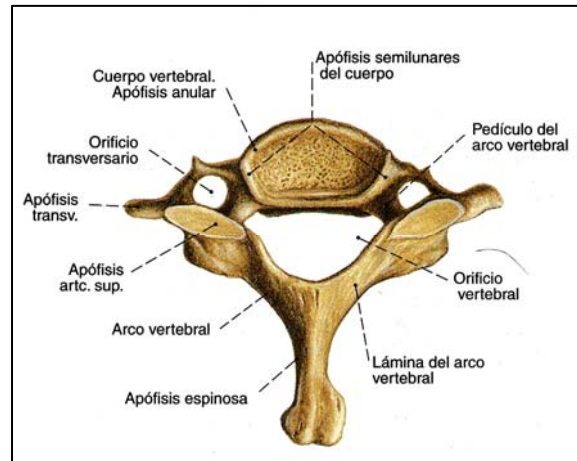
**Figura 20.-** Apófisis Transversas. *Tomado de Sobotta.*

Las restantes vértebras cervicales presentan una anatomía similar entre sí; constan de un cuerpo vertebral, de forma más o menos cilíndrico, dos apófisis transversas, dos agujeros transversos para el paso de la arteria y venas vertebrales, cuatro superficies articulares, dos superiores y dos inferiores para articularse con las vértebras contiguas y una apófisis espinosa posterior con su extremo bifurcado (Fig. 21).



**Figura 21.-** Quinta vértebra cervical. Vista desde su cara craneal. *Tomado de Sobotta.*

La Séptima y última vértebra cervical, se caracteriza porque tiene una larga y prominente apófisis espinosa que es palpable, utilizándose como punto de referencia para identificar otras vértebras (Fig. 22).



**Figura 22.-** Séptima (7<sup>a</sup>) vértebra cervical. Vista desde su cara craneal. *Tomado de Sobotta.*

## 2.4.- EMBRIOLOGÍA DENTARIA.

La formación y desarrollo del diente, denominada odontogénesis, es un proceso continuo y complejo que se produce como parte de la embriogénesis craneo-máxilo-facial.

Los dientes humanos se desarrollan a partir de los brotes dentarios, que se hallan por debajo del revestimiento epitelial de la cavidad bucal y cuyo desarrollo es inducido por las células de la cresta neural (ectomesénquima). Su formación se inicia, aproximadamente a las cuatro semanas de gestación, de forma simultánea al resto de las estructuras faciales (45,46). La cavidad bucal primitiva o estomodeo, se considera el centro de la formación de la cara.

Desde su original posición en los bordes de la placa neural, las células de la región cefálica migran hacia los procesos faciales y los arcos branquiales. Allí, interaccionan con los tejidos circundantes y constituyen el ectomesénquima, provocando la proliferación y el engrosamiento del epitelio con la consiguiente formación de la banda epitelial primaria. Ello va a contribuir directamente, a la inducción y morfogénesis craneo-facial y de manera más especial, al desarrollo dentario (47,48).

Sin embargo, los diferentes tejidos dentarios derivarán tanto del mesodermo y de la cresta neural, como del ectodermo bucal. Esto es debido a que el brote o folículo dentario consta de tres partes, de distintos orígenes embrionarios y que a su vez, darán lugar a la formación de las distintas estructuras dentarias. Estos son (45,49):

- el órgano del esmalte, que deriva del ectodermo bucal y produce el esmalte del diente.
- la papila dentaria, que deriva del ectomesénquima y origina la pulpa dental y la dentina.
- el saco dentario, cuyo origen es también el ectomesénquima y dará lugar al cemento y al ligamento periodontal.

#### ***2.4.a.-Períodos de desarrollo de la odontogénesis.***

De forma descriptiva, podemos decir que aunque la odontogénesis es un proceso continuo, podemos dividirla en diferentes períodos:

##### **1.- Período de lámina dental.**

El primer vestigio de tejido odontogénico humano puede apreciarse entre las 4 y las 6 semanas de vida embrionaria (embrión 11 mm). En la figura 23 se puede apreciar un esquema visual de la evolución del diente.

En el epitelio bucal del estomodeo, formado por una capa basal de células altas y una capa superficial de células aplanadas, comienza a observarse la proliferación de diversas áreas de engrosamiento ectodérmicas, constituyendo la banda epitelial primaria. Esta banda se va extendiendo hacia la región posterior y conforma dos arcos en herradura, uno en el maxilar y otro en la mandíbula, que reciben el nombre de lámina dental.

Posteriormente, se produce otra proliferación del epitelio oral que se conoce como banda del surco labial o lámina vestibular. Se desarrolla bucalmente respecto a la lámina dental, es decir, más cercana a la cara y divide los márgenes externos del estomodeo en segmentos linguales, en ellos se desarrollan el hueso alveolar y los dientes (50).

Entre el segmento lingual y el bucal se desarrolla, como consecuencia de la desintegración de las células centrales, una depresión o surco que originará el vestíbulo de la boca. Las mejillas, labios y encías se revisten gracias al resto del epitelio. Frecuentemente, esta depresión se encuentra interrumpida por la lámina vestibular sin dividir, que en el adulto permanece dando lugar a los frenillos (51).

A lo largo del desarrollo, la mayor parte de las células epiteliales de las diferentes láminas se desintegran y desaparecen. En cambio, algunas pueden formar

acúmulos celulares bajo las encías llamadas perlas epiteliales o glándulas de Serres que pueden originar dientes supernumerarios o tumores de estructuras similares a los dentales (52).

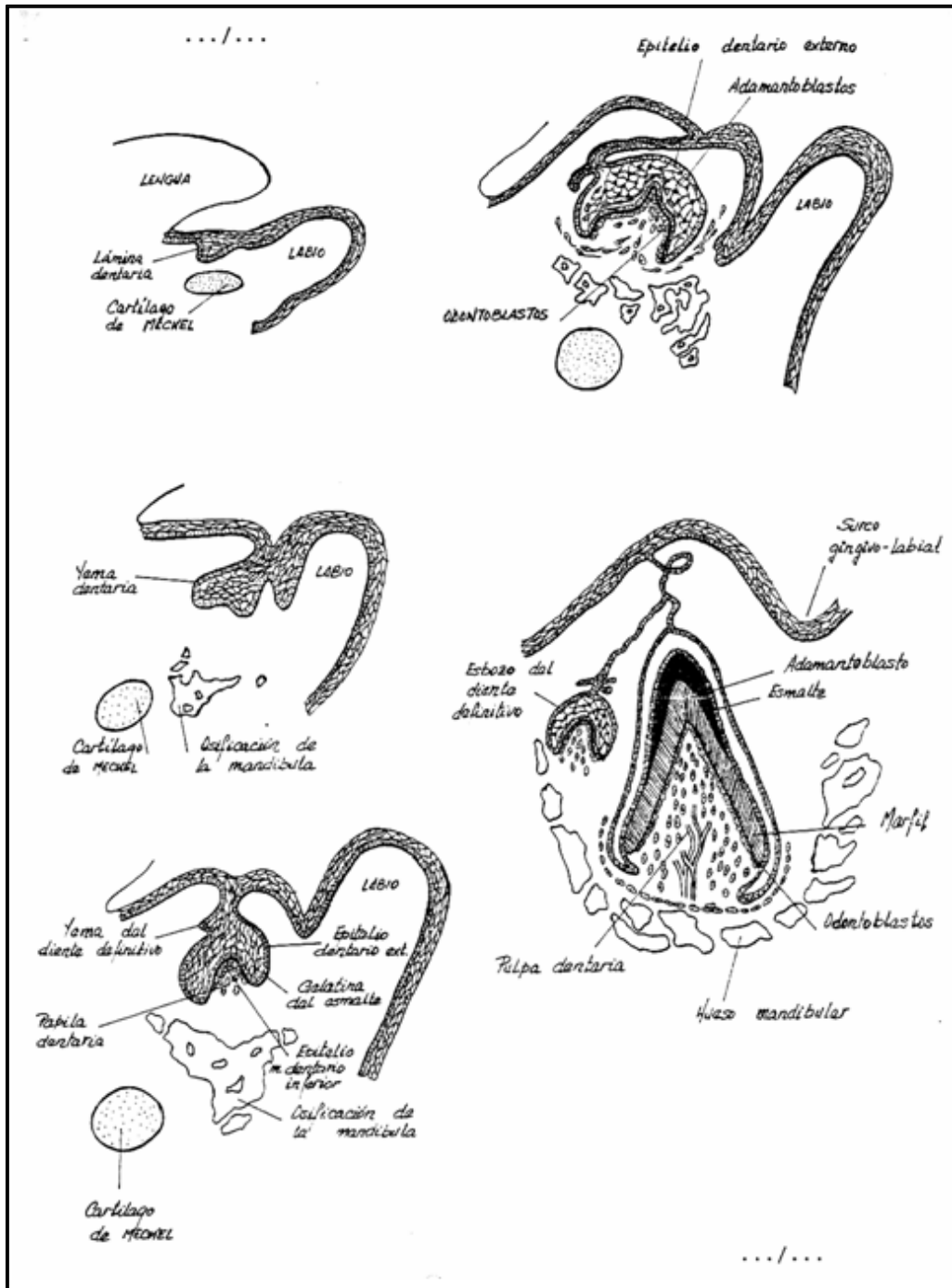


Figura 23.- Esquema visual de la evolución del diente. Tomado de Sadler.

## **2.- Periodo de Brote.**

Durante la 8ª semana intrauterina, simultáneamente con la diferenciación de la lámina dentaria, surgen de la misma, en cada maxilar, tumefacciones redondas u ovoidales, en diez puntos diferentes. Son los brotes o gérmenes dentales que se corresponden con el número de dientes temporales, 10 en la mandíbula y 10 en el maxilar. Son los esbozos de los órganos del esmalte y de los folículos dentarios.

Las células mesenquimatosas procedentes de la cresta neural sufren un proceso de condensación alrededor de estas tumefacciones, bien por un aumento en la proliferación celular o bien porque disminuye la producción de sustancia extracelular, y constituirán la futura papila dental. En este estadio de brote (también conocido como de proliferación), las células epiteliales al no haber iniciado la histodiferenciación muestran poco cambio respecto a su función o forma. (53).

El sector posterior de la lámina dental continúa profundizando en el tejido conjuntivo de la mandíbula y el maxilar, denominándose lámina sucesiva o definitiva. Esta lámina producirá los brotes de los dientes permanentes que no tienen antecesores temporales, 1º, 2º y 3º molares permanentes (50).

En la región lingual de la lámina dental, se originan los incisivos, caninos y premolares permanentes. Por tanto, cualquier alteración de esta lámina dental podría provocar supernumerarios o agenesias dentarias (50).

## **3.- Período de casquete.**

Mientras el folículo dentario continúa proliferando, no se expande uniformemente, sino que el brote se invagina, debido probablemente a las fuerzas de crecimiento, y las células ectomesenquimales de la papila dental, que continúan condensadas, constituyen el órgano del esmalte, o dental según otros autores, que adopta la forma de caperuza o casquete. Ello ocurre, aproximadamente, durante la 10ª semana de vida intrauterina (46).

Así, cada esbozo dentario estaría entonces constituido por el órgano del esmalte, origen epitelial, cuyas células periféricas son columnares y las centrales poligonales, y una papila dental, de origen ectomesenquimatoso, rodeada por el folículo dental, origen mesodérmico. La papila dental y el folículo son los esbozos de la pulpa dental y de parte del aparato periodontal, respectivamente (45, 47).

Podemos distinguir cuatro capas no diferenciadas completamente en el órgano del esmalte:

*a) Epitelio dental externo:* La capa externa del órgano del esmalte lo constituye. Las células periféricas son cúbicas, están en contacto con el folículo en desarrollo y revisten la convexidad del “casquete”.

*b) Retículo estrellado:* También se denomina “gelatina del órgano del esmalte”. Las células que se encuentran en la porción central del órgano del esmalte, entre el epitelio dental externo y el interno, comienzan a separarse por aumento del líquido intercelular y adoptan una forma reticular ramificada. Son células polimórficas y están incluidas en una matriz fluida o líquido mucoide rico en albúmina, que confiere al retículo estrellado una consistencia elástica que más tarde protege a las delicadas células formadoras de esmalte.

*c) Epitelio dental interno:* Es la capa más interna que rodea la papila dental. Las células de la concavidad del “casquete” son altas y se transformarán en ameloblastos, células encargadas de secretar el esmalte.

*d) Estrato intermedio:* Se localiza recubriendo una porción de la superficie del retículo estrellado y se evidencia como una condensación celular escamosa del epitelio dental interno. Posiblemente su función consista en ayudar a los ameloblastos a formar el esmalte.

Al final del 3er mes de desarrollo embrionario, se profundiza la invaginación del epitelio en el mesénquima subyacente y sus bordes continúan creciendo, entonces el órgano del esmalte adopta forma de campana iniciándose un nuevo periodo (50).

#### **4.- Período de Campana.**

En este periodo, 3 meses de desarrollo intrauterino, tiene lugar la histodiferenciación y la morfodiferenciación del órgano del esmalte (48).

Se observan diferenciadas las cuatro capas del órgano del esmalte y comienza a determinarse que los epitelios dentales externo e interno se unen a la altura de la futura región cervical del diente y forman el asa cervical de la que derivará la raíz dentaria.

Se observan cambios en las distintas capas de órgano del esmalte tanto morfológica como histológicamente (48):

##### *a) Epitelio dental externo:*

Las células se aplanan y adoptan una forma cúbica baja, de forma que la transición se establece desde la cresta, hasta el asa cervical, como ocurre en las otras capas del órgano del esmalte.

Al finalizar el periodo de campana, la superficie del epitelio externo del esmalte se pliega. Entre los pliegues, el mesénquima adyacente del saco dentario forma papilas que contienen asas capilares y proporciona la irrigación nutritiva que el órgano del esmalte necesita, ya que éste es avascular (45).

##### *b) Retículo estrellado:*

Sus células, que en un principio son polimórficas, adquieren forma de estrella debido a las anastomosis que crean con las células adyacentes. Se crea un mayor espacio mayor en el órgano de esmalte para que la corona del diente se pueda desarrollar.



*c) Estrato intermedio:*

Sus células se disponen en varias capas y muestran gran similitud con las del retículo estrellado ya que están unidas íntimamente por desmosomas. Este hecho ha llevado a pensar a algunos autores que las células del estrato intermedio proporcionan células para el retículo estrellado y que ambas capas son fundamentales en el proceso de formación del esmalte dentario.

*d) Epitelio dental interno:*

Para permitir el crecimiento global del germen dentario, sus células se hallan en división permanente. La zona de este epitelio más cercana al retículo estrellado se compone de células columnares bajas, pre-ameloblastos, que al diferenciarse en ameloblastos, células secretoras de esmalte, se alargan y cesan en su actividad mitótica debido a factores que residen en el ectomesénquima de la papila dental. Tienen de 4 a 5 micras de diámetro y aproximadamente 40 micras de altura (49,51).

Las células del ectomesénquima de la papila dental, subyacentes al epitelio dental interno, pre-odontoblastos, se influyen por las células del epitelio interno del esmalte, diferenciándose en odontoblastos, productores de dentina. (45).

Esta capa celular constituida por odontoblastos y ameloblastos también recibe el nombre de membrana amelodentinal o membrana bilaminar (46).

## **5.- Periodo de corona.**

Durante este periodo se produce la formación de los tejidos duros del diente: el esmalte y la dentina. Además, la lámina dental se desintegra y el germen continúa su desarrollo separado del epitelio oral.

El final de las mitosis en determinados puntos de la membrana amelo-dentinaria da lugar a el establecimiento de la forma de la corona dental (46).

Al 4º mes, aproximadamente, los preodontoblastos se alejan de los preameloblastos y de su membrana basal, se retiran hacia la papila y extienden sus procesos dentales o fibras de Tomes. La zona acelular que queda entre ambos, se llena de fibras de colágeno largas que se denominan fibrillas de von Korff y son la primera matriz de la dentina o preentina (47).

La dentina se deposita alrededor de los odontoblastos y se transforma, tras la calcificación, en túbulos de dentina. Los odontoblastos producen preentina que se transforma en dentina durante toda la vida del diente.

Esta dentina secundaria es la responsable de la progresiva disminución de tamaño de la cavidad pulpar con el tiempo. Solo después de la formación de dentina, los preameloblastos se diferencian y producen esmalte (48).

El proceso de amelógenesis o periodo de aposición se iniciará únicamente después de que la primera capa de dentina se hubiera formado. Los preameloblastos situados en la cresta se diferencian en ameloblastos y producen una matriz orgánica de amelogeninas y enamelinas que se deposita en el espacio intercelular lateral, en los extremos de los ameloblastos, de modo que se comprimen los extremos de las células y se forman los procesos de Tomes, de unos 4mm de longitud (49).

Sobre la dentina ya formada se produce la secreción de la matriz del esmalte y, conforme los odontoblastos se retiran de la membrana, se mineralizan como prismas o columnas de esmalte gracias al depósito de cristales de apatita. Por lo tanto se ha demostrado que existe una clara interdependencia entre los tejidos que se denomina inducción recíproca (48, 51).

La formación del esmalte está restringida al periodo preruptivo del desarrollo dentario y termina cuando los ameloblastos, que se han retirado hacia el retículo estrellado, depositan sobre la corona una delgada membrana orgánica. Esta es la cutícula primitiva o del esmalte, o también denominada de Nasmyth, y forman una

estructura que va a proteger el diente durante la erupción, el epitelio dental reducido (53).

### **6.- Periodo de formación de la raíz.**

El desarrollo de las raíces comienza después de que la formación del esmalte y la dentina ha llegado a lo que será el límite cemento adamantino.

El órgano del esmalte desempeña un papel importante en el desarrollo de la raíz, a que forma la vaina radicular epitelial de Hertwig que, a su vez, determina el número, el tamaño y la morfología de las raíces, por la subdivisión de la capa radicular en uno, dos o tres compartimentos.

## **2.5.- MADURACIÓN DENTARIA.**

En el área estomatológica, el estudio del crecimiento craneofacial normal o anormal y la relación de éste con el resto del cuerpo es una cuestión siempre presente en el clínico que trabaja con el niño.

La edad cronológica no es un dato suficiente, sino que hay que relacionarlo con indicadores como la edad esquelética, la maduración dentaria, la situación hormonal o cualquier otro que nos aporte datos más objetivos para situar al niño en el estadio en que se encuentra (54).

Uno de los indicadores utilizados con más frecuencia es el estado de maduración y erupción dentaria. Así, Pral-Andersen y Van der Linden (55) proponen la estimación de la edad dental como elemento de determinación del desarrollo físico, dado que el desarrollo físico o biológico varía considerablemente de un niño a otro, a una misma edad cronológica.

La secuencia de maduración de los diferentes dientes, la cronología y secuencia de la erupción, la simetría en las hemiarcadas, las diferencias entre una y otra arcada, la relación con el sexo son aspectos estudiados por diversos autores a fin de conocer las variaciones de un proceso biológico y aplicarlas a la clínica.

Logan y Kronfeld, en 1933, (56) aportan con su trabajo importantes datos cronológicos de la dentición temporal y permanente en relación a los estadios de maduración dentaria por ellos propuestos.

Una preocupación compartida por diversos autores ha sido el intentar encontrar formas simples para evaluar la edad dentaria, ya sea sistematizando estadios dentarios de desarrollo aplicables a cada uno de los dientes (57), o desarrollando métodos matemáticos que permitan correlacionar unos dientes con otros, con el ánimo de aplicarlos clínicamente (58, 59).

Nolla (6), partiendo de sus estudios de maduración dentaria, intentó sentar las bases para estudiar el desarrollo de la dentición permanente, y propuso una correspondencia numérica para cada una de las etapas de maduración. Con estas bases, estudió una muestra de niños norteamericanos, concluyendo que los patrones de desarrollo seguidos por los dientes son similares y simétricos en ambos lados de las arcadas y sin diferencias entre los sexos.

En 1960, realizó un estudio de maduración con el objetivo de organizar una técnica de tasación detallada del desarrollo de la dentición permanente, dando normas, las cuales representan la media de desarrollo de los dientes, diente a diente para niños y niñas; obteniendo información relativa a la cantidad y clase de variación presentada por el crecimiento y contribuyendo a la comprensión de las diferencias en el desarrollo dental de los niños y niñas.

El estudio lo realizó mediante series radiográficas orales de 25 niños y 25 niñas. Las radiografías se situaron sobre una mesa especial y en la observación sólo se tuvo en cuenta el grado de desarrollo. Propuso una clasificación de la maduración dentaria basada en once estadios. Las radiografías se compararon con una serie de diez dibujos que indicaban cada uno de los estadios de desarrollo y esta toma de datos se realizó dos veces.

Valoró tanto el lado derecho como el izquierdo, aunque la proporción de crecimiento era aproximadamente la misma en los dos lados. Para obtener una valoración del desarrollo de un diente en particular, la radiografía se emparejó lo más estrechamente posible con la figura comparada.

En cuanto a la edad dental, los puntos de información quedaron registrados en términos de: grado de desarrollo en la ordenada y edad cronológica en la abscisa; estos puntos se conectaron por líneas de desarrollo.

En sus resultados destaca que se mostraron pocas diferencias de desarrollo entre 105 dientes de la derecha y de la izquierda. No encontró ninguna diferencia significativa

en cuanto al sexo ni al tiempo requerido para el desarrollo. No obstante, las niñas empezaron el desarrollo dental a una edad más temprana y acabaron el desarrollo antes.

En la formación de la raíz obtuvo el siguiente orden respecto a su terminación en los dientes mandibulares: Incisivo central, incisivo lateral, primer molar, canino, primer premolar, segundo molar, tercer molar

Y en cuanto a los dientes maxilares el orden fue: Incisivo central, primer molar, incisivo lateral, primer premolar, segundo premolar, segundo molar y tercer molar.

Demirjian y colaboradores (60, 61) desarrollaron un nuevo sistema de estimación de la maduración dental, clasificando ésta en ocho estadios según el grado de calcificación del diente. Obtuvieron una escala de maduración dental transformable directamente en la edad dental.

Demirjian y Levesque (62) en 1980 efectuaron un estudio para comprobar las diferencias que existen en el desarrollo, predicción y erupción dental en ambos sexos. Dicho estudio se hizo en una población de 5.437 niños y niñas canadienses francófonos, de edades comprendidas entre 2.5 y 19 años. Realizaron separadamente, en niños y niñas, el estudio de maduración de cada uno de los dientes mandibulares, obteniendo que hasta los 6-7 años hay una similitud en el desarrollo dentario de los niños y las niñas, diferenciándose a partir de esa edad con una aceleración de las niñas sobre los varones. Por último, muestran la existencia de una estrecha relación entre las curvas de maduración y de emergencia de cada diente, poniendo de relieve la significación clínica de este hecho.

En la segunda mitad de los años cincuenta, Gara y cols. (64-68) estudiaron la secuencia de calcificación y su relación con la erupción de los premolares y molares mandibulares. Consideran las diferencias entre los sexos, así como la variabilidad de la edad en que ocurren algunas de las etapas de formación de esos dientes.

Tanto en maduración como en erupción hacen mayor énfasis en la relación entre segundo premolar y segundo molar, resaltando dos hechos:

- parece existir una evolución gradual en la especie hacia un cambio de la secuencia de maduración y erupción 2° molar - 2° premolar hacia 2° premolar – 2° molar.
- puede ser arriesgado establecer la secuencia de erupción a partir de los datos de la secuencia de maduración.

La variabilidad en la maduración era mayor cuanto más tardía es la etapa de formación del diente siendo, aproximadamente, la misma en ambos sexos.

Reflexionando sobre las causas de la precocidad de maduración y erupción en las niñas, mencionan que ésta no puede atribuirse primariamente a factores hormonales ya que ocurre antes de los 10 años de edad.

El conocimiento de las numerosas variables que influyen sobre la cronología y secuencia de erupción ha hecho que numerosos autores estudien el fenómeno en el área geográfica a la que pertenecen (69-72) o en grupos de poblaciones con características definidas (73-76) obteniendo los datos aplicables a esa población.

Coinciden la mayoría de los autores en la precocidad de maduración y erupción de las niñas sobre los niños (60,65,76,77) y en la existencia de una simetría entre el lado derecho y el izquierdo (55, 76,77).

Por su importancia clínica, ha merecido la atención de los investigadores el estudio de la secuencia de erupción (55,65,77,78). Ninguno de ellos ha obtenido resultados concluyentes que permitan afirmar la existencia del predominio de una secuencia sobre otra. Únicamente Garn (66) menciona que parece existir una tendencia hacia la erupción del segundo premolar antes que el segundo molar.

Moorrees y cols (79-83) interrelacionaron los estadios de maduración y la edad cronológica de cada diente con los cambios en el tamaño de las arcadas que suceden durante el recambio dentario, incorporando así nuevas variables al complejo estudio del desarrollo de la erupción.

En 1963 (79) presentaron un estudio de variación de la edad en los estadios de formación dentaria en diez dientes permanentes. Estudiaron el desarrollo de los incisivos centrales y laterales permanentes de las dos arcadas mediante radiografías intraorales y los dientes posteriores maxilares debido a la superposición de imágenes de ambas hemiarcadas. De un total de 134 niños examinados, seleccionaron a 48 niños y 51 niñas por sus radiografías de mayor calidad y en ellos realizaron radiografías laterales u oblicuas obtenidas en intervalos de 6 meses. El desarrollo dental fue determinado por inspección radiográfica siguiendo en su valoración los estadios de desarrollo de los dientes polirradiculares. La fiabilidad de la valoración fue probada por una doble determinación con un intervalo de tres meses. Existiendo una coincidencia de un 90 % en los dientes posteriores y 75 % para los incisivos superiores e inferiores.

Más tarde (80) realizaron un estudio longitudinal para observar el desarrollo somático y facial con el fin de contribuir a una visión más integrada del crecimiento dentofacial.

En sus resultados describieron el orden de emergencia de los dientes siendo ésta en maxilar superior: primer molar, incisivo central, incisivo lateral, primero premolar, canino, segundo premolar, segundo molar y en la mandíbula: incisivo central, primer molar, incisivo lateral, canino, primer premolar, segundo premolar y segundo molar.

Afirmaron que el tiempo de emergencia de los dientes depende de un factor de maduración general y que ese factor influencia a todos los dientes hacia una emergencia temprana o tardía. Asimismo aceptan que la duración del proceso de emergencia así como su inicio tiene una cierta variabilidad entre unos individuos y otros.



La edad dental fue valorada radiográficamente por Prah-Andersen y van der Linden (55), según los estudios de maduración propuestos por Demirjian (60), considerando los autores que desde el punto de vista clínico, puede aceptarse una simetría entre el lado derecho e izquierdo así como la existencia de un desarrollo simultáneo en algunos dientes, por lo que sería suficiente la estimación de la edad dental en tres dientes de la dentición temporal y en tres de la definitiva. Dichos dientes serían los dos molares y el incisivo en la dentición temporal y el primer premolar y segundo molar en la permanente.

Aceptando que existe una relación entre la reabsorción de la raíz de los dientes temporales y la erupción de los permanentes, Haavikko (84) estudia la relación entre la formación de los dientes permanentes y la reabsorción de los correspondientes temporales, así como la posibilidad de que esa relación sea similar o no en todos los dientes.

Autores como Posen (85), Rönnerman (86) y Sleichter (87), estudiaron el efecto de la pérdida prematura de dientes temporales sobre la erupción de los correspondientes permanentes.

Esta variable, frecuente en la práctica clínica, influye, según los autores, en la cronología y secuencia aceptada como normal.

Sin embargo, Fanning (88, 89) manifiesta que factores como la extracción prematura de los dientes temporales o procesos cariosos que cursan con destrucción ósea, tienen repercusión sobre el tiempo de erupción del correspondiente permanente, pero no sobre el desarrollo del mismo.

Giles (90) obtiene, tras su trabajo, los patrones de velocidad de erupción de 6 dientes permanentes, durante los 4 años siguientes a su emergencia gingival. Los incisivos centrales superiores e inferiores, caninos superiores e inferiores y los segundos premolares superiores e inferiores, son los dientes en los que estudió esas diferencias.

Aún estudiando aspectos parciales del crecimiento y desarrollo, no se escapa a ningún investigador el hecho de que unos y otros puntos de estudio deben estar relacionados entre sí, dando como resultado un proceso único, capaz de convertir a un niño en un adulto.

Así, existe la voluntad de establecer el nexo de unión que existe entre diferentes indicadores de maduración (91-95). Esto no es nuevo, ya en 1918, Spier (95) relaciona la dentición con la estatura y en 1954, Salzmana (96) manifiesta que las malformaciones craneofaciales deben ser estudiadas y corregidas teniendo en cuenta las posibles alteraciones del desarrollo general del niño. En la misma época, Bambha y cols. (97,98) publicaron los hallazgos obtenidos correlacionando entre sí diferentes indicadores de crecimiento general y craneofacial y las repercusiones clínicas de los retrasos en la maduración esquelética.

No obtuvieron evidencia de que exista relación entre una maduración esquelética tardía y una erupción retrasada. Tampoco encontraron en estos casos una mayor frecuencia de maloclusiones o mayor severidad de éstas.

Más tarde, en 1975, Anderson et al. (99) estudiaron la relación entre la mineralización dental, esquelética, peso y altura, en una muestra entre los 4 y 14 años, descubriendo la existencia de un patrón específico para cada sexo.

En el caso de los niños, la mineralización esquelética y dentaria, en especial para el primer molar, tiene más relación con la altura que con el peso. En las niñas, y refiriéndose a los segundos molares, señalan una mayor relación con el peso a partir de los 7 años. Resaltan que la relación entre los mencionados parámetros sería específica para algunos dientes y no para el conjunto de todos ellos.

La posible relación entre la maduración esquelética medida en la radiografía de muñeca y aspectos referidos a los dientes, ya sea maduración, erupción o ambas, también ha merecido la atención de diversos investigadores (100-104).

Lauterstein (105) obtuvo correlaciones muy significativas de la edad ósea con el desarrollo de la raíz del primer molar permanente inferior derecho y entre el desarrollo de la raíz y el número de dientes erupcionados. Chertkow (106) propone la mineralización del canino inferior como indicación de maduración en niños norteamericanos de origen europeo.

Hagg y Taranger (107-111) exponen una baja correlación entre los indicadores de desarrollo somático y dentario, aunque ésta es mayor en niñas que en niños.

Por el contrario Marshall (112) encuentra una interesante y directa correlación entre los hallazgos en la radiografía de muñeca y los dientes, lo que le permite sistematizar para cada edad cronológica, los datos a buscar tanto en la radiografía de muñeca como en la dentición.

Gat y colaboradores (113) llevan a cabo en 1984 una investigación con el propósito de sugerir un método original para evaluar la edad dental que comprendiera seis etapas de desarrollo del diente y confirmar su seguridad y exactitud.

La muestra examinada consistió en 196 niños noruegos con edades comprendidas entre 4,5 años y 13,5 años. El estudio se realizó mediante ortopantomografías, las cuales fueron examinadas dos veces por el mismo observador con intervalo de dos semanas.

Establecieron seis etapas de desarrollo de la dentición permanente; a cada etapa se le asignó un valor numérico para permitir un análisis estadístico:

- Estadío 0: No hay signos de desarrollo, solo presenta un folículo sin ningún signo de calcificación.
- Estadío 1: Signos de calcificación en el folículo, pero menos que la mitad de la corona.
- Estadío 2: Calcificación de la mitad de la corona hasta la corona formada completamente. No hay signos de forma.

- Estadío 3: Inicio de la calcificación de la raíz hasta la mitad de la longitud de la misma.
- Estadío 4: Calcificación de la raíz hasta la longitud entera pero sin cierre apical.
- Estadío 5: El diente completamente formado con el ápice cerrado.

A partir de este esquema realizaron un estudio para comparar los lados izquierdo y derecho de las arcadas.

Cuando dos observadores evaluaron las mismas radiografías observaron diferencias en los dientes 22, 25, 34 y 35 siendo estas significativas. En los otros dientes sus puntuaciones no mostraban diferencias significativas.

Los resultados del estudio piloto al comparar ambos lados derecho e izquierdo de las arcadas no presentaron diferencias significativas; encontraron pequeñas desviaciones en los dientes 12, 22, 31, 41, 14 y 24. La alta correlación encontrada entre los resultados del lado derecho e izquierdo de las ortopantomografías a su juicio permite el uso de un solo lado de la radiografía, simplificando en gran medida el método.

## 2.6.-MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA.

Los investigadores han buscado durante mucho tiempo un indicador de maduración que les permitiera conocer el grado de desarrollo del organismo con independencia de su edad cronológica. Hoy sabemos que el único indicador del desarrollo que es válido, desde el nacimiento hasta la madurez, es **la edad ósea**.

### *Métodos de evaluación.*

Podemos clasificar los diferentes métodos de valoración de la maduración ósea según la técnica utilizada, la zona anatómica y el método de valoración.

#### 1) **En cuanto a la técnica utilizada:**

- *Radiografía:* se emplea normalmente tanto en clínica como en las consultas odontológicas.
  
- *Ecografía:* Aunque se ha empleado en diferentes zonas anatómicas, por ejemplo la cabeza femoral, la única utilizada en la actualidad es la ecografía de rodilla en el recién nacido descrita por Schunk y cols (116), siendo de gran utilidad en algunos casos de hipotiroidismo neonatal, ya que es capaz de detectar pequeñas calcificaciones no visibles en la radiografía (117).

#### 2) **En cuanto a la zona anatómica empleada:**

Se han utilizado múltiples zonas como: mano, codo, hombro, rodilla, cadera, pie, vértebras cervicales. De todas ellas la más empleada es la mano por su fácil accesibilidad, escasa radiación y la existencia de un amplio número de huesos en una pequeña zona corporal. Actualmente se empieza a utilizar la radiografía lateral del cráneo en aquellos campos en los estas radiografías se realizan de forma habitual como elemento de diagnóstico.

---

Las ventajas de utilizar las vértebras cervicales, en estos casos, se centra en la reducción a las exposiciones radiográficas a que se ven sometidos los pacientes y por la facilidad de acceder a las vértebras cervicales (118).

**3) En cuanto al método:**

- a) *Planimétricos*: Utilizan el tamaño o superficie de determinados huesos.
  
- b) *Descriptivos (Atlas)*: Los Atlas se basan en la comparación de una radiografía problema con una serie de radiografías estándares, tomadas de una muestra de la población general y a la que se le adscribe la edad ósea que corresponda al estándar más parecido o a una edad intermedia entre dos estándares sucesivos.

Aunque existen atlas para la rodilla, codo y pie, el más conocido y utilizado es el de Greulich y Pyle (119) para la mano y muñeca.

Hay que tener en cuenta que la maduración ósea está influenciada por diferentes factores: genéticos, ambientales, socioeconómicos etc. por lo que se recomienda la adaptación de los estándares a cada población (120), por lo que se han publicado variantes del Atlas de maduración ósea de Greulich-Pyle (119).

- c) *Núméricos*: Describen una serie de indicadores de maduración para cada núcleo de osificación, y se les asigna una puntuación a cada uno de los estadios evolutivos según el sexo. La suma de las puntuaciones nos dará la maduración ósea.

Para valorar si una radiografía problema tiene una maduración ósea avanzada, normal o retrasada en relación con la población general, la debemos de comparar con los estándares de la población. Por ello cada método numérico, del cual el más representativo es el de TW, (121) tiene sus gráficas de referencia respecto a la población general.

Tanner y cols. describieron 3 métodos de maduración ósea, utilizando la mano y muñeca: Carpo, emplea solamente los 7 núcleos del carpo, RUS, 13 núcleos: Radio Cúbito y los huesos cortos de la mano, y 20 huesos, los 7 del carpo más los 13 del RUS, siendo el RUS el más empleado.

### **Problemas en los métodos para determinar la maduración ósea.**

Cuando se valora la maduración ósea de un niño, puede encontrarse una serie de dificultades, entre las que cabe destacar:

#### **1) Técnica de la Radiografía:**

La posición del paciente, la oblicuidad en el momento de realizar la Rx, la calidad de la radiografía.

#### **2) Método utilizado:**

*DESCRIPTIVO (ATLAS):* Es un mapa donde se ven los huesos, generalmente los estándares de comparación van a intervalos de medio año o 1 año, y en algunas edades el atlas de Greulich-Pyle (119) determina intervalos -entre dos estándares consecutivos- de más de un año.

*NUMÉRICOS (TW):* Peso diferente de los núcleos de osificación, siendo el de algunos de ellos tan grande, que la asignación de un estadio de diferencia, por ejemplo del radio, (por la visualización o no de alguna carilla articular) nos puede dar una diferencia en algunas edades de hasta un año. En radiografías en las que o bien por su calidad o porque se encuentran varios de los núcleos en estadios más o menos intermedios, las diferencias poco importantes en cada uno de los núcleos se van a magnificar al sumarse con las diferencias de los otros.

Sin embargo hay varios trabajos en los cuales no encuentran diferencias significativas entre diferentes observadores entre el Atlas y el método numérico de Tanner y cols (121).

### **3) Población Estudiada:**

Hay que resaltar que en la mayoría de los métodos de valoración de la maduración ósea existentes, se han utilizado para su elaboración, radiografías de niños normales sanos. Clínicamente muchos individuos tienen una maduración que cae fuera de los límites de estos métodos y por lo tanto, sus resultados deben ser interpretados con suma prudencia.

A pesar de que tanto el atlas de Greulich-Pyle como el Tanner-Whitehouse son dos métodos muy antiguos, siguen siendo los más utilizados en la clínica, pero hay una época, como es el primer año de vida, en la que no son válidos, ya que al nacimiento no existe ningún núcleo de osificación en la radiografía de la mano y éstos van apareciendo a lo largo del primer año de vida. Por ello, se han publicado diferentes trabajos que proponen métodos para la evaluación de la maduración ósea no solamente en el recién nacido sino en los primeros años de vida.

Hernández y Cols. (123) en estos casos proponen su método basado en una Rx lateral de pie y tobillo izquierdo. Es un método numérico y valora cinco núcleos de osificación (calcáneo, cuboides, tercera cuña, y las epífisis distales de tibia y peroné) los que se les da una determinada puntuación dependiendo de los criterios madurativos que cumplan. La suma de todos ellos nos dará la maduración ósea, que la compararemos con los estándares de la población general.

A continuación a modo de resumen se presenta una tabla con los métodos más utilizados en la evaluación clínica de la edad ósea:



<b>Zona</b>	<b>Autor (año)</b>	<b>Técnica</b>	<b>Método</b>	<b>Edad útil</b>
Mano	Greulich-Pyle (1959)	Rx	Descriptivo	0-18 años (poco 0-1 a.)
	Tanner-Whitehouse (1962,1975,1983)	Rx	Numérico	1-18 años (poco 0-2 a.)
	Roche y cols (Método Fels 1988)	Rx	Numérico	0-18 años (poco 0-1 a.)
	Tanner-Gibbons Método CASAS (1994)	Rx	Numérico+ Pc-video- cámara	0-18 años (poco 0-2 a.)
	Sinclair y cols (1960)	Rx	Indice Metacarpiano	2-11 años
Codo	Sauvegrain y cols (1962)	Rx	Descriptivo	Adolescencia
Rodilla	Pyle-Hoerr (1955)	Rx	Descriptivo	0-18 años
	R-W-T (1975)	Rx	Numérico + PC	0-5 años
	Shunk y cols (1987)	Ecografía	Planimétrico	Recién nacido
Tobillo y Pie	Hoerr-Pyle (1962)	Rx	Descriptivo	0-5 años
	Erasmie-Ringertz (1980)	Rx	Numérico + planimétrico	0-1 años
	SHS (1988)	Rx	Numérico	0-2 años
	Argemi-Badia (1997)	Rx	Planimétrico+ PC	Recién nacido

**Tabla 1.-** Métodos más utilizados en la evaluación clínica de la edad ósea.

Entre todos ellos cabe destacar los siguientes:

- **el método FELS:** se basa en el umbral en el cual los indicadores de maduración están presentes en el 50% de la población de referencia.
  
- **el índice metacarpiano (IMC):** es la relación entre la longitud media y la anchura media de los metacarpianos segundo al quinto; medidos en su punto medio.
  
- **CASAS (Computer Aided Skeletal Age Scores):** realmente se trata del método TW pero utilizando una lectura de la Rx mediante ordenador.

---

## **2.7.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA MEDIANTE LA OBSERVACIÓN DE LOS HUESOS DE LA MUÑECA.**

La utilización de la comparación del tamaño y la forma de las imágenes radiográficas de los huesos en crecimiento como indicadores del estadio de crecimiento (124) y por lo tanto de la maduración ósea del individuo, ha sido estudiada por diversos autores.

Hotz y Cols. (125) realizan un estudio en 298 niños sanos (148 varones y 150 mujeres) suizos de edades comprendidas entre los 6 y los 11 años de edad. Se realizaron radiografías intraalveolares de los dientes permanentes, así como radiografías de la mano izquierda. La edad dentaria de los distintos dientes se definió con la ayuda de 11 estadios sucesivos de calcificación.

Cuando se compara la edad esquelética de los niños suizos con las observaciones de Greulich y Pyle en niños americanos, encuentran tan solo una diferencia de 3-4 meses respecto a la maduración ósea. La calcificación progresiva de los dientes homólogos se desarrollaba simétricamente para la mayoría de las diferentes clases de dientes. Las diferencias más significativas se encontraban entre los segundos premolares inferiores y la menor entre los primeros molares permanentes. Los dientes superiores comparados con los inferiores presentaban una edad radiográfica retrasada a excepción de los primeros molares, siendo más acentuada en niños que en niñas.

Así Björk y Helm S. (126) en un estudio longitudinal sobre el crecimiento de la cara seleccionando 32 niños y 20 niñas danesas, en los que todos los estadios de maduración habían sido alcanzados y determinados, demuestran que hay una estrecha asociación entre la edad de máximo crecimiento estatural y la osificación del hueso sesamoideo, incluso con la edad de la menarquia en las niñas.

Se observó que el Sesamoideo nunca se osificaba después del pico del máximo crecimiento puberal; la osificación se producía generalmente un año antes, sin embargo la menarquia solía devenir un año o dos después de dicho pico.

El desarrollo dental tiene poco valor, según los autores, para conocer el período de crecimiento ya que las variables que se contemplaban, erupción hasta el nivel oclusal de todos los caninos y premolares, especialmente en niñas y la erupción de los segundos molares, podían ocurrir tanto antes como después de alcanzar el pico máximo de crecimiento puberal.

Grave y Brown (127) observan una muestra de 52 niños y 36 niñas seleccionados de un estudio anterior sobre el crecimiento que se estaba llevando a cabo desde 1961 en Australia, sobre individuos aborígenes de las etnias Walbiri y Pintubi; durante el período que va desde 1961 a 1971 se hicieron 10 visitas a Yuendumu en las que se obtuvieron una gran cantidad de datos tanto sobre los pacientes como de sus familiares. Yuendumu es un asentamiento que se inició en 1946 para abastecer de comida, ropa, asistencia médica y escolar a los aborígenes que vivían en esta región.

Se describen 14 centros de osificación que pueden ser agrupados en dos categorías: la osificación de los huesos individuales y los cambios epifisarios observados.

Los cambios epifisarios fueron obtenidos de los tres primeros dedos y el radio. Los autores observan que la osificación se produce antes en las niñas que en los niños y se estudian dos momentos de osificación antes de alcanzar el pico puberal de crecimiento en ambos sexos, la anchura epifisaria de la falange proximal del segundo dedo y la falange media del tercer dedo hasta alcanzar la anchura de la diáfisis.

Describen tres estadíos:

- a) momentos de osificación que ocurren con anterioridad a que se alcance el pico de crecimiento puberal;
- b) momentos de osificación que se producen en la mayoría de los pacientes que alcanzan el pico de crecimiento puberal; y
- c) aquellos momentos de osificación que claramente se producen en la mayoría de los sujetos una vez que el pico de crecimiento puberal ha sido rebasado.

Este estudio encuentra analogías con la muestra de niños Daneses estudiada por Helm y Cols. en 1971 (128).

Los resultados indican que existen determinados sucesos que deben ser observados por el ortodoncista para confirmar la actividad de crecimiento del niño. La fase de crecimiento puberal en el adolescente viene acompañada de modificaciones como la osificación del sesamoideo y el radio, así como variaciones importantes en las falanges de los dedos de la mano. Una señal de que la fase de crecimiento álgido ha pasado es la unión epifisaria en el tercer dedo de la mano, que se produce progresivamente desde las falanges distales a las proximales y en el radio.

Muchos investigadores han intentado determinar si hay relación entre el grado de maduración esquelética y la maduración dental, sin embargo los resultados no han sido concluyentes. La erupción dental se ha comprobado que tiene una variabilidad mayor que la secuencia de calcificación en la dentición (6).

Sierra en 1987 (129), lleva a cabo un estudio cuyo propósito fue evaluar la correlación entre los estadios de maduración de aquellos centros de osificación esquelética con menor variabilidad, con el grado de calcificación en los molares superiores e inferiores, los bicúspides y el segundo molar en la dentición definitiva.

Se estudió una muestra de 153 niños caucasianos a los que se había aplicado tratamientos de ortodoncia, de un rango de edad comprendido entre los 8 y 12 años, se analizaron radiografías de la muñeca y radiografías panorámicas.

Se realizaron mediciones utilizando el Atlas de Greulich y Pyle (119), así como la clasificación dental de Nolla (6). Se comprobó que la erupción dental tenía una mayor variabilidad que la evolución de la edad esquelética.

En las conclusiones señala que, en muchos estudios se utiliza el sesamoideo y aprecia que su osificación es posterior a la erupción de los dientes en boca. El autor indica que a pesar de encontrar correlaciones importantes, la observación de determinados puntos de osificación es más certera, a la hora de determinar la edad ósea del individuo, cuando se realiza en base a observaciones de radiografías bucales.

Sandra Couthino en 1993 (130), presenta un estudio cuyo objetivo es el de verificar la relación entre la calcificación del canino mandibular y la maduración esquelética. Se estudiaron las radiografías de la muñeca y las panorámicas de 200 niños y 215 niñas con el fin de determinar estadísticamente la relación existente entre los estadios del desarrollo del canino mandibular y los indicadores esqueléticos que determinan el punto álgido del crecimiento puberal. Los sujetos estudiados era pacientes en tratamiento de ortodoncia, es decir buscaban una mejor oclusión o una forma de solucionar problemas estéticos.

La edad ósea fue determinada mediante radiografías de la muñeca de acuerdo con el método descrito por Greulich y Pyle (119). Los estadios de madurez, en base a los estudios de las falanges y la aparición del abductor sesamoideo se determinó mediante el método de Tanner y Whitehouse, mientras que el desarrollo del canino mandibular fue evaluado de acuerdo con los estudios de Demirjian sobre calcificación dental.

La relación encontrada entre la calcificación del canino mandibular y los indicadores de maduración ósea, fue bastante alta en un rango que iba del 0,53 al 0,85. Parece existir cierta relación entre la calcificación del canino mandibular en el estadio G, con aquellos indicadores esqueléticos que determinan el pico puberal del crecimiento.

Cuando el canino mandibular se encuentra en el estadio F, indica el inicio de la pubertad, mientras que el estadio G coincide con la osificación del Sesamoideo, los estadios intermedios entre F y G son el momento en que el autor determina el comienzo del incremento del crecimiento puberal.

En 2002 San Román y Cols. (131), realizan un trabajo para comprobar si los estadios de maduración dentaria que se observan en la ortopantomografía pueden utilizarse para determinar el nivel de maduración ósea del paciente. Se estudian 958 radiografías de muñeca y panorámicas de niños españoles de edades comprendidas entre 5 y 18 años. En la ortopantomografía, se determina el nivel de desarrollo dentario de caninos, premolares, segundos y terceros molares todos inferiores, según la clasificación

de Nolla (6). Para valorar los estadios de maduración esquelética en la radiografía de muñeca se utilizó la clasificación de Grave y Brown (127).

Los autores llegan a la conclusión de que la relación entre el desarrollo dentario, siempre que se estudie el desarrollo de cada diente por separado, y la maduración ósea valorada en la radiografía de muñeca, es elevada en varones, y en mujeres especialmente evidente en el segundo molar inferior derecho. Debido a la variabilidad individual que presenta la maduración dentaria debe utilizarse con cautela como diagnóstico de madurez ósea.

## **2.8.- MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN ÓSEA MEDIANTE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES.**

Las vértebras cervicales, como cualquier otra parte del organismo sufren una serie de cambios a medida que el individuo se desarrolla. Así Knutsson (132) en 1961, describió el crecimiento que tiene lugar en las vértebras del ser humano después del nacimiento, tanto en sentido horizontal como vertical.

Basándose en estos cambios que ofrecen las vértebras cervicales, han surgido diferentes estudios (133) que consideran que las vértebras cervicales presentan unos patrones de desarrollo y unos núcleos de osificación comparables a los huesos de la muñeca y los de la mano y por lo tanto pueden utilizarse de forma fiable para valorar la edad ósea.

En 1963 Bench (134), publica una investigación que nace de la necesidad de hallar respuestas al apiñamiento que determinados individuos sufren en el momento que aparecen los cordales. En esta fase, el proceso de crecimiento disminuye mientras se completa la maduración de las estructuras labiales de la boca. Para este investigador el crecimiento y desarrollo de las vértebras cervicales es básico para entender todo aquello que se relaciona con la estructura craneal y como interactúa para permitir el cumplimiento de sus funciones.

Describe la fusión del Atlas con el Axis y como esta estructura es la encargada de mantener la sujeción de la cabeza y sus movimientos. En este acercamiento descriptivo los maxilares y la lengua forman todo un sistema que se ajusta en esta época del crecimiento del individuo.

Se crearon cuatro grupos de pacientes para cubrir todo el rango de crecimiento. Se estudio un grupo de 50 sujetos con una edad media de 45 años que mantenían la mayoría de sus dientes en boca y también se estudiaron algunos casos aislados de recién nacidos y personas de mucha edad.



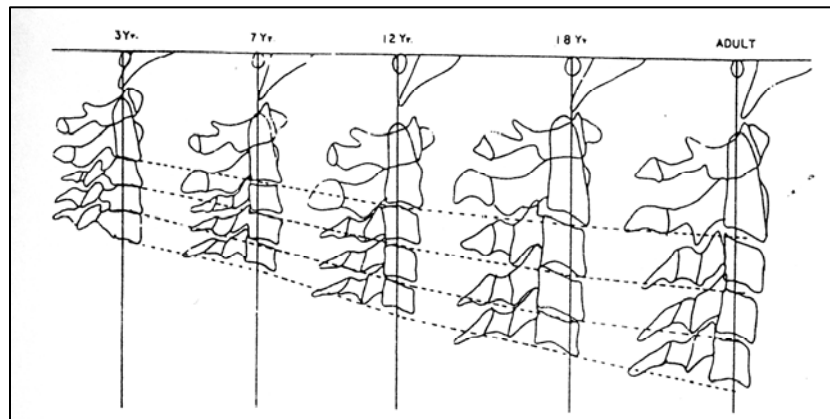
En total se estudiaron 165 sujetos. Un grupo de 50 pacientes de edades medias entre 4,3 hasta 7,5 años de edad; 50 pacientes con dentición mixta que estaban entre los 7 y 12,2 años de edad y 50 pacientes de edades medias comprendidas entre los 12,2 y 19 años.

Entre los hallazgos cabe destacar la relación que parece existir entre el crecimiento de la mandíbula y las vértebras cervicales, también se encuentra un relación importante entre el crecimiento en la tercera vértebra y el descenso del hioides en la muestra de edades que va de los 12 a 19 años de edad media.

Este estudio observa que antes de los 6 años se producen grandes variaciones en el crecimiento y que este crecimiento se ralentiza posteriormente durante el periodo comprendido entre los 6 y 12 años.

Una vez observado el crecimiento de los grupos de edades de 12 a 19 años, se aprecia un incremento en el crecimiento, que difiere de forma importante entre sexos. La distancia entre el hioides y el plano de Frankfort aumentaba en los varones a un ritmo de 2,96 mm por año, mientras que en las mujeres este incremento era de 1,8 mm por año. Por otra parte, en este período, aumentan de forma importante los cuerpos desde la segunda a la quinta vértebra cervical.

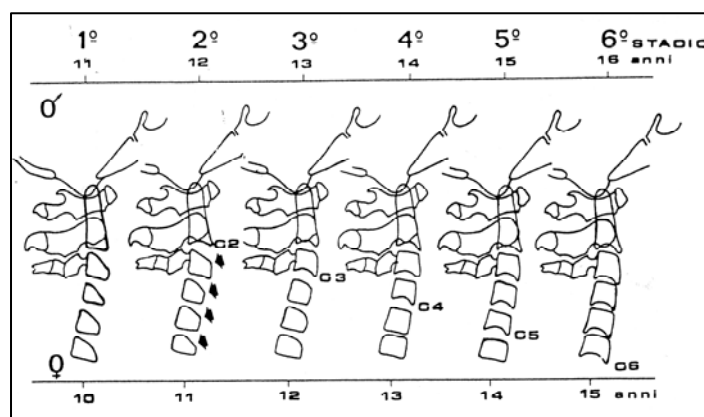
El hueso hioides en todas las edades estudiadas se encontraba entre la tercera y cuarta vértebra cervical y por lo tanto se concluye que el descenso del hueso hioides es consecuencia del crecimiento de la columna cervical; así mismo, todas las vértebras cervicales, a excepción de las dos primeras crece más en tamaño que su vecina superior desde la edad infantil hasta alcanzar la edad adulta (Fig. 24). El estudio finaliza destacando la importancia del crecimiento de la columna cervical en el descenso del hioides y la evolución de las medidas faciales.



**Figura 24.-** Estadios de Bench. *Tomado de Bench.*

El uso de las vértebras cervicales como método para valorar la maduración ósea fue empleado inicialmente en 1972 (135). En este estudio se estableció una clasificación basada en los cambios que se dan en las vértebras cervicales, para utilizarlas como método de valorar el desarrollo óseo.

Este trabajo de investigación fue desarrollado en la Escuela de Medicina Dental de la Universidad Pittsburg, la muestra empleada fue seleccionada del departamento de Ortodoncia, donde examinó aproximadamente 500 archivos de pacientes, para seleccionar la muestra base de un total de 141 pacientes, 72 niñas y 69 niños, entre 10 y 15 años de edad, caucásicos, con una oclusión de clase I, mesomórficos y sin patología previa. (Fig. 25).

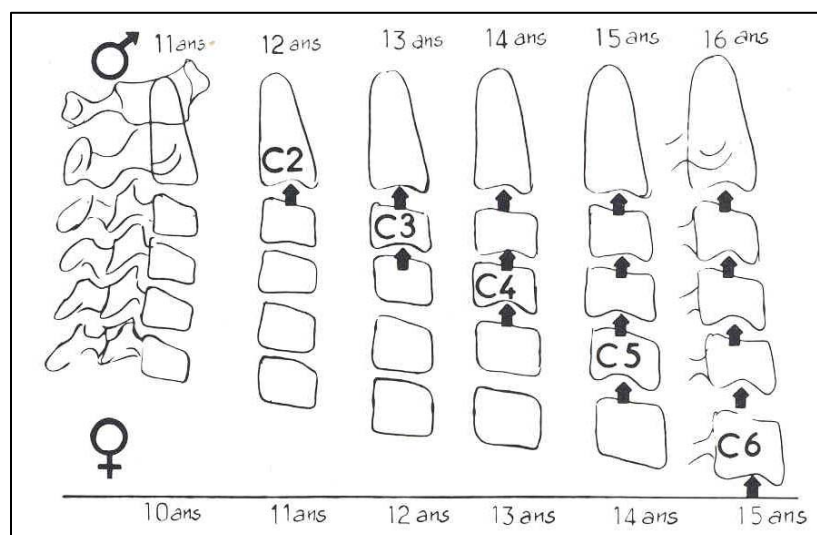


**Figura 25.-** Estadios de Lamparski. *Tomado de Caltabiano.*

Lamparski identificó y utilizó características morfológicas que presentaban las vértebras en cada uno de los períodos estudiados, y con esto consiguió crear un “atlas descriptivo de radiografías estándares” asignándoles 6 estadíos. Para la determinación de estos períodos se utilizaron radiografías laterales de cráneo de la muestra seleccionada, observando las vértebras cervicales. Por otro lado, realizó radiografías de muñeca asignando la edad ósea a cada paciente mediante el método de Grewlich y Pyle (119).

Entre las conclusiones del trabajo está que la valoración de la edad vertebral en las telerradiografías es estadísticamente fiable y 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 niñas cada estado de desarrollo se produce más temprano.

El autor observa que los indicadores de madurez de las vértebras son dos; el primero es el inicio y desarrollo de una concavidad en el borde inferior del cuerpo y en segundo lugar; el incremento de la altura vertical total anterior del cuerpo causando un cambio desde una forma rectangular a cuadrangular (más alta que ancha).



**Figura 26.-** Edad cervical según D. Lamparski. *Tomado de Langlade.*

Taylor (136) en 1974 realiza mediciones sobre la columna vertebral utilizando radiografías en distintas regiones. Su objetivo es comparar el crecimiento de los discos intervertebrales en la zona lumbar, en la zona media torácica y en las vértebras cervicales así como estudiar los cuerpos vertebrales adyacentes.

El autor realiza mediciones en fetos y niños de diversas edades para después comparar los resultados con grupos de individuos con diversos problemas de columna.

Los discos intervertebrales están formados por dos placas cartilagosas, un anillo fibroso y un núcleo pulposo. Las placas cartilagosas, superior e inferior; históricamente se consideraban como partes diferenciadas del disco intervertebral, actualmente se consideran parte del cuerpo vertebral. Este considera alternativamente, que las placas cartilagosas son un elemento de transición entre la vértebra y el disco.

El núcleo pulposo, que en los recién nacidos es redondeado en la zona posterior y aplanado en la anterior, modifica su estructura a partir del segundo año de vida tanto en las vértebras lumbares como en las cervicales.

Esta modificación es más rápida en la zona cervical que en los discos de la zona torácica, en el período que va de los dos a ocho años, las células de la notocorda desaparecen y el núcleo se transforma en un cartílago fibroso y casi acelular.

En esta época los discos ganan en altura rápidamente y cambian su forma que evoluciona desde una vértebra con forma bicóncava a un cuerpo biconvexo que se ajusta a los cuerpos vertebrales adyacentes.

Los resultados de este estudio parecen concluir que el crecimiento del centro del núcleo discal no se ve afectado por la movilidad y esta definido genéticamente; por el contrario si observamos la forma y estructura de los bordes se concluye que para el caso de la zona lumbar las modificaciones se ven determinadas o influidas por la movilidad o la funcionalidad a que se ve sometida esta zona, ya que los bordes convexos que

aparecen en niños con una movilidad normal, no aparecen o lo hacen en menor medida en niños con falta de movilidad.

Sato K. (137) realiza un estudio sobre la sincronización de la longitud mandibular, las vértebras cervicales, los huesos de la mano y el crecimiento en altura observados en el momento de crecimiento y en el momento del brote puberal. Este autor busca el describir los cambios de osificación que se producen tanto en la muñeca como en las vértebras; midió 30 niños y 50 niñas de entre 10 y 15 años de edad estudiados durante 5 años, realizándoles telerradiografías laterales y radiografías de muñeca. Los resultados hallados fueron en primer lugar que la variaciones entre la longitud mandibular, los huesos de la muñeca, las vértebras cervicales y la altura fueron menores después de alcanzado el pico puberal que en el período de crecimiento anterior al mismo.

El estudio de Sato muestra la gran correlación existente entre los cambios que aparecían en la longitud de los huesos de la mano y el momento en que comienza la osificación del sesamoideo, con los cambios en las vértebras cervicales y la aparición de la placa epifisaria en la apófisis odontoides, llegando a sugerir que la aparición de dicha placa epifisaria podría utilizarse como indicador del máximo brote de crecimiento puberal, del mismo modo que se utiliza la aparición de la osificación del hueso sesamoideo en la muñeca.

La mano y la muñeca han sido las partes del esqueleto más frecuentemente utilizadas en la verificación de los progresos del paciente hacia la maduración aunque a veces se han utilizado otros métodos.

Moscoso y Cols. (138), considerando que la telerradiografía es suficiente para la determinación de la edad ósea entre los 10 y los 16 años y tomando en cuenta las características del borde inferior tanto de la apófisis odontoides del Axis, como del cuerpo de las siguientes vértebras cervicales realizan un estudio con 209 niños de edades comprendidas entre los 5 y los 17 años de edad, a los que realizaban radiografía

de muñeca, telerradiografía lateral de cráneo y panorámica, clasificándolos por edad y sexo resultando 110 del sexo femenino y 99 del sexo masculino.

La primera parte del trabajo consistió en tomar la edad ósea y compararla con la edad cronológica y así hallar la discrepancia entre estas dos edades; la segunda parte se realizó, evaluando las vértebras cervicales basándose en la edad ósea del carpo y así determinar la maduración vertebral y su relación con el pico de crecimiento puberal, tomándose las radiografías de mujeres de 9 años en adelante y de varones a partir de 10 años, dando un total de 69 del sexo masculino y 84 del femenino. Se analizaron los cambios a nivel de la segunda vértebra cervical y así consecutivamente hasta la sexta.

Las alteraciones más significativas se empezaron a ver en las niñas a partir de los 10 años y en los niños desde los 12 años, encontrando tres estadios notorios y de fácil identificación en la base del cuerpo articular de las vértebras:

- corresponde a la base plana.
- corresponde a la base ligeramente curva.
- corresponde a la base curva con rebordes marcados que indican mayor desarrollo.

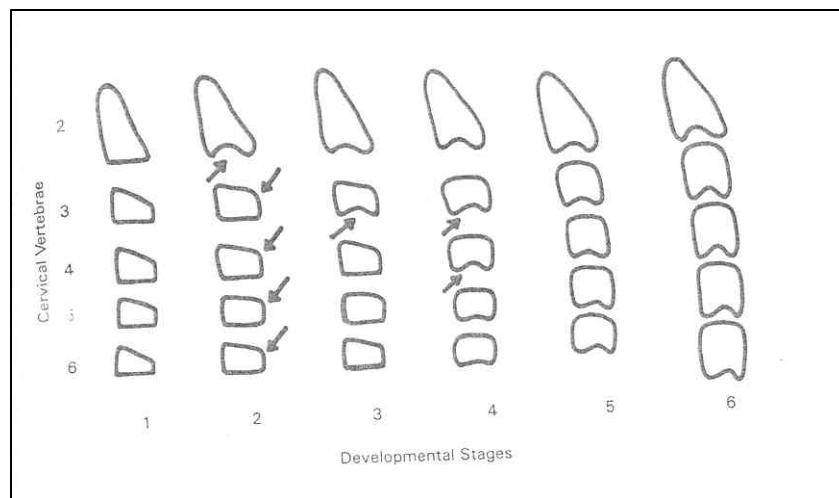
Llegan a la conclusión de que el conocimiento de la edad ósea es muy importante para el pronóstico de todo tratamiento ortodóncico, ya que se observó una gran discrepancia entre la edad ósea y la edad cronológica. La columna vertebral puede reemplazar de forma segura a la radiografía de la muñeca en etapas limitadas del período de crecimiento puberal, siendo un método sencillo, de fácil obtención encontrando una diferencia de maduración más precoz en las niñas que se evaluó en dos años.

Según O' Reilly y Yanniello (139), muchos estudios sobre el crecimiento indican que el momento en que se produce el crecimiento puberal en la mandíbula, está íntimamente relacionado con determinados momentos específicos o estadios de osificación descritos en el área de la mano y la muñeca. Buscando el mismo objetivo

observan que los primeros tres dedos de la mano podían proporcionar información significativa del grado de maduración ósea en el individuo. Este método consiste en observar las radiografías de los tres primeros dedos junto con una radiografía lateral de cráneo.

O'Reilly en su trabajo "Cambios en el crecimiento mandibular y la Maduración en las vértebras cervicales" (1988) cita a Lamparski (1935) utilizó las vértebras cervicales como herramienta para validar la edad ósea comparando estas mediciones con radiografías de la muñeca.

El estudio anteriormente citado se realizó sobre 13 radiografías craneales laterales de mujeres caucásicas de edades comprendidas entre los 9 y los 15 años de edad. Se establecieron 6 estadios de desarrollo fácilmente identificables por las formas de las vértebras cervicales.



**Figura 27.-** Estados de maduración de las vértebras cervicales. *Tomado de O'Reilly.*

#### **Estadio 1:**

El borde inferior de todas las vértebras es plano. Los bordes superiores forman un plano fuertemente inclinado siendo la parte posterior la más alta y disminuyendo hacia la parte frontal de la vértebra.

**Estadio 2:**

Se desarrolla una concavidad en la parte inferior de la segunda vértebra y los cuerpos de las vértebras cervicales se ensanchan.

**Estadio 3:**

Se observa una nueva concavidad en la parte inferior de la tercera vértebra mientras que las demás muestran el borde inferior plano. La parte superior que forma un plano inclinado de posterior a anterior, es menos pronunciada en todas las vértebras cervicales.

**Estadio 4:**

Todas las vértebras presentan una forma rectangular. La concavidad del borde inferior de la tercera vértebra se ha incrementado y se ha desarrollado una nueva concavidad en la cuarta vértebra. Se observa un incipiente desarrollo de concavidades en el borde inferior de las vértebras quinta y sexta.

**Estadio 5:**

Los cuerpos de las vértebras presentan un aspecto casi cuadrado y los espacios entre las mismas ha disminuido visiblemente. Las concavidades en el borde inferior son claramente observables en todas las vértebras cervicales.

**Estadio 6:**

Todas las vértebras han aumentado su grosor, son más altas y anchas, todas las concavidades en el borde inferior se han hecho más profundas.

O'Reilly concluye que los estadios 1 a 3 son anteriores al pico de crecimiento puberal, en todas las dimensiones de la mandíbula. Los estadios 2 y 3 se observan un año antes de que se produzca el mayor incremento en la longitud del cuerpo de la mandíbula en 12 de los sujetos estudiados.

Caltabiano y Cols (140), llevaron a cabo un estudio en el que trataron de establecer las posibles relaciones entre la edad esquelética, valorada en la radiografía de



muñeca, la maduración dentaria, la edad cronológica y el grado de desarrollo de las vértebras cervicales.

El estudio se realizó en 72 niños italianos de edades comprendidas entre los 10 y los 15 años, a los que realizó radiografías laterales de cráneo, Ortopantomografía y Radiografía de la muñeca.

Los autores afirman que existe una relación estadísticamente significativa entre la maduración de las vértebras cervicales y la edad ósea valorada en la radiografía de la muñeca en ambos sexos. La relación entre la maduración de las vértebras cervicales y la edad cronológica solo fue significativa en niñas, lo mismo ocurrió entre la maduración vertebral y el desarrollo dental observado.

Eva Hellsing (141), estudia las dimensiones de las vértebras cervicales en altura y anchura en niños de 8, 11 y 15 años de edad, para posteriormente compararlas con las dimensiones que se alcanzan en la edad adulta. Se buscó la existencia de correlación entre las dimensiones de las vértebras cervicales y la estatura a diferentes edades.

Se estudiaron 107 niños y 22 adultos, ninguno de ellos habían recibido tratamiento de ortodoncia y tenían buena salud, sin síntoma alguno de problemas de columna. Se tomaron radiografías laterales del cráneo con un incremento del 13% en el tamaño de las placas respecto a las dimensiones reales.

El trabajo concluye que no existían grandes diferencias entre sexos, ya que las medidas en anchura y altura de niños y niñas en los grupos de 8, 11 y 15 años eran similares, si bien esto no ocurría en los grupos de adultos, en donde los varones poseían vértebras cervicales con más altura que las observadas en las mujeres adultas.

Se halló una alta correlación entre las dimensiones de la segunda vértebra y la altura en niños y niñas en los grupos de 8 y 11 años, en cambio esto no ocurría en las niñas y niños de 15 años de edad. También se observó, que en las niñas la anchura de las vértebras es mayor que en los niños, ya que a los 15 años alcanzan los valores de un

adulto. Por el contrario, a los 15 años el desarrollo de las vértebras en los niños no alcanza todavía los valores de adulto. A partir de esta edad desaparece la correlación entre las dimensiones de las vértebras y la altura del individuo; esto puede ser debido a que tras los momentos álgidos de crecimiento suceden periodos de consolidación. Estos resultados corroboran la relación existente entre el crecimiento vertebral y la maduración pudiéndose utilizar esta vértebras como indicador de los momentos álgidos de crecimiento.

Vilar Martínez y Cols (142), realizan un interesante estudio; partiendo de la necesidad ineludible en ortodoncia de conocer la edad ósea así como el estadio de crecimiento en que se encuentra el paciente, para un diagnóstico correcto y para la elaboración de un plan de tratamiento, se estudiaron las radiografías de 100 niñas, agrupadas en dos grupos de edades entre los 8,6 y 13,9 años.

Otra de las causas que motivaron este estudio es la tendencia que existe para reducir el número de radiografías a practicar en el paciente. Esta investigación relaciona las radiografías laterales de cráneo con las radiografías de muñeca.

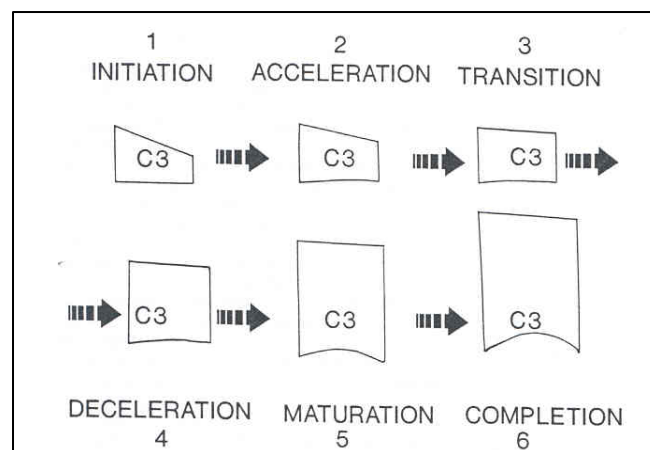
La telerradiografía permitió catalogar el estadio de crecimiento en las vértebras cervicales. La radiografía de la muñeca nos dio a conocer el grado de maduración de los huesos de la mano y el carpo utilizando el esquema de Grave y Brown (127). La Ortopantomografía se utilizó para valorar el grado de calcificación de los primeros, segundo y terceros molares según los estadios de Nolla (6).

Los resultados de los estadios de desarrollo de las vértebras cervicales y de los huesos de la mano y del carpo fueron similares, asimismo la aparición de núcleos de osificación epifisaria se corresponde con el sesamoideo del pulgar. Se apreció una importante correlación entre las dos variables, vértebras cervicales y huesos de la mano, por otra parte existía correlación entre la osificación de los terceros molares inferiores para el grupo de menor edad, pero no para el de mayor edad. Por lo tanto, concluyen que el análisis de las vértebras cervicales permite valorar el crecimiento del individuo.

Hassel y Farman (143), presentan un trabajo cuyo propósito es proporcionar al ortodoncista herramientas para determinar el crecimiento potencial en el paciente adolescente. Usando una radiografía lateral de cráneo, que normalmente se realiza como paso previo al diagnóstico y observando los cambios anatómicos en las vértebras cervicales, se determina la maduración ósea del paciente.

Los trabajos se desarrollaron comparando las radiografías de muñeca, cuya maduración ósea fue determinada mediante el método Fishman, con las radiografías laterales de cráneo en una muestra constituida por 11 grupos de 10 varones y 10 mujeres, en total 220 sujetos. Se estudiaron el cuerpo de la tercera y cuarta vértebra ya que podían ser visualizadas, incluso si se llevaba un collar protector de tiroides durante la exposición a la radiografía.

En base a este estudio se determinaron 6 estadios, Inicio, Aceleración, Transición, Deceleración, Maduración y Terminación, (Fig. 27) cuyas características se relacionan en la Tabla 2, este trabajo nos comenta la evolución de la forma de las vértebras cervicales que iniciándose con una apariencia rectangular, evolucionan hacia una forma cercana al cuadrado generándose concavidades en los bordes inferiores de las mismas.



**Figura 28.-** Indicadores de maduración de las vértebras cervicales usando C3 como guía. Tomado de Hassel y Farman.

Una de las conclusiones a las que llega, es que para el ortodoncista es muy importante el poder determinar de manera clara y sencilla la maduración ósea del paciente y la capacidad de desarrollo del crecimiento que falta por alcanzar en el momento de la observación del paciente, ya que el tratamiento depende en una gran cantidad de casos de que esta evaluación sea correcta.

<b>FASE</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estadio de Maduración</b>	<b>Crecimiento por completar</b>
INICIO	Las vértebras tienen múltiples rebordes y concavidades, los bordes superiores presentan una inclinación importante desde el punto posterior hacia el borde anterior o frontal de la vértebra.	SM1 Y SM2	85-100%
ACELERACIÓN	La aceleración del crecimiento comienza en este punto. Se desarrollan las concavidades en los bordes inferiores de las vértebras C2 y C3. La visión lateral de los cuerpos de las vértebras C3 y C4 son casi rectangulares y el borde inferior de la vértebra C4 es plano.	SM3 Y SM4	65-85%
TRANSICIÓN	El crecimiento puberal se encuentra en su punto álgido. En esta fase se pueden apreciar como se hacen mas importantes las concavidades en el borde inferior de las vértebras C2 y C3. Comienza a desarrollarse una concavidad en el borde inferior de la vértebra C4 y la visión lateral de las vértebras C3 y C4 es rectangular.	SM5 Y SM6	25-65%
DECELERACIÓN	Se observan claramente las concavidades del borde inferior de las vértebras C2, C3 y C4, los cuerpos de las vértebras C3 y C4 se van volviendo más cuadrados.	SM7 y SM8	10-25%
MADURACIÓN	La maduración final se completa en esta fase. En esta fase pueden verse profundas cavidades en la parte inferior de las vértebras C2, C3 y C4 y los cuerpos de las vértebras C3 y C4 son casi cuadrados.	SM9 Y SM10	5-10%
TERMINACIÓN	En esta fase los cuerpos crevicales son más horizontales que verticales. Se pueden observar profundas concavidades e los bordes inferiores de las C2, C3 y C4. La aceleración del crecimiento en la fase adolescente ha finalizado.	SM11	0%

**Tabla 2.-** Indicadores de maduración de las vértebras cervicales.

García-Fernández y Cols. (144), de la Universidad Autónoma de Nueva León (México) realizan un estudio sobre 113 pacientes, 50 varones y 63 mujeres de edades

comprendidas entre los 9 y los 18 años. Se contaba, en cada caso, con radiografía lateral de cráneo y una radiografía de la muñeca, realizadas el mismo día. Ninguno de los pacientes presentaba malformaciones de la columna, bien fueran adquiridas o congénitas, ni habían sufrido alteraciones del crecimiento.

Las radiografías de muñeca fueron evaluadas mediante el método de Fishman, que utiliza una escala de cuatro estadios de crecimiento en base a puntos de osificación en el pulgar, tercer y quinto dedo así como en el radio. Las radiografías laterales de cráneo fueron evaluadas mediante el criterio elaborado por Hassel y Farman que es una modificación del criterio expuesto por Lamparski (135) y se centra en la observación de la segunda, tercera y cuarta vértebra cervical.

Este estudio llega a la conclusión de que no existen diferencias significativas entre los dos métodos de evaluación de la maduración ósea del individuo y para el caso de la población mejicana se puede utilizar con un nivel de confianza del 95%.

Bujaldon-Daza y Cols (145) realizan un estudio preliminar para comparar y correlacionar el índice de maduración esquelética de Grave y Brown (127), determinado gracias a la radiografía de muñeca, con el índice de maduración ósea de la vértebras cervicales (CVMI) de Hassel (143), que obtienen a partir de una telerradiografía lateral de cráneo.

Estudian una muestra de 18 pacientes de edades comprendidas entre los 6 y 13 años de edad (10 varones y 8 mujeres). De estos pacientes se extraen los índices antes mencionados y comparan los resultados.

El análisis fue realizado por dos observadores diferentes, para poder minimizar el error de observación y posteriormente fueron analizadas de nuevo por los mismos observadores tres semanas más tarde.

Estos autores llegan a la conclusión de que los dos índices no muestran una correlación total y no pueden solaparse los resultados de uno con el otro. Sin embargo, a

efectos clínicos es de gran utilidad el CVMI, ya que su estadío 1 indica que no ha comenzado el crecimiento y podemos esperar antes de instaurar una mecánica ortopédica.

En el año 1999, Kucukkeles y Cols. (146) del Departamento de Ortodoncia de la Universidad de Mármara en Estambul (Turquía), presentan un estudio con el fin de ver la relación existente entre los indicadores de maduración esquelética de la muñeca que desarrolló Fishman (5) (SMI) y el índice de maduración de las vértebras cervicales (CVMI). El segundo objetivo fue la comparación de los resultados obtenidos según las radiografías de muñeca con los extraídos de las cefalometrías de 180 individuos no tratados ortodóncicamente (99 niñas y 81 niños) de edades comprendidas entre los 8 y 18 años de edad (Tabla 3).

ÍNDICES DE MADURACIÓN ESQUELÉTICA SMI FISHMAN			
Anchura de la epífisis igual que la diáfisis	Osificación	Recubrimiento de la epífisis	Fusión de la epífisis y la diáfisis
Falange proximal tercer dedo	Aductor sesamoideo del pulgar	Falange distal del tercer dedo	Falange distal del 3° dedo
Falange media del tercer dedo		Falange media del tercer dedo	Falange proximal del 3° dedo
Falange media del quinto dedo		Falange media del 5° dedo	Falange media del tercer dedo

**Tabla 3.-** Relación entre los índices de maduración esquelética de Fishman.

Se calculó el CVMI en base a los cuerpos de la tercera (C3) y la cuarta (C4) vértebra cervical, se situó a cada paciente en una categoría CVMI.

Los resultados de este estudio indican que la maduración de las vértebras cervicales y la maduración esquelética de la muñeca están significativamente relacionadas. El diagnóstico ortodóncico y el Plan de tratamiento para niños en crecimiento debe incluir una predicción del crecimiento. El pico de crecimiento puberal es considerado como un período favorable para ciertos tipos de tratamientos de

ortodoncia y debe ser tenido en cuenta en relación con la planificación de dicho tratamiento.

En el año 2000 Franchi L y Cols. (147), realizan un estudio sobre 24 sujetos 15 mujeres y 9 varones para analizar la validez de 6 estadios de maduración vertebral cervical. Según los autores, la valoración de los aspectos biológicos del crecimiento mandibular es fundamental en Ortodoncia, especialmente con respecto al uso de aparatos funcionales para corregir las discrepancias esqueléticas clase II.

Esta terapia consiste en inducir un aumento suplementario de la longitud mandibular por medio de la estimulación del crecimiento del cartílago condilar, que depende a su vez de la tasa de crecimiento de la mandíbula. Por lo tanto, la evaluación de la maduración esquelética mandibular y el potencial de crecimiento del paciente individual proporciona información esencial para anticiparse a los resultados del tratamiento.

El objetivo del estudio es valorar la validez del método de las vértebras cervicales para evaluar la madurez esquelética mandibular en un paciente individual. Se disponía de telerradiografías laterales de todos los sujetos en los distintos estadios que describe Lamparski (135).

El pico de crecimiento esquelético puberal se produce en el intervalo entre los estadios de maduración vertebral cervical 3 y 4. En este momento se observan los incrementos máximos en la altura corporal y en las medidas craneofaciales en las que esta involucrada la mandíbula.

Sólo 2 de los 24 sujetos examinados presentaban el pico de crecimiento estatural entre los estadios 4 y 5. Es interesante resaltar que en el estadio 3 la edad individual variaba en las mujeres desde los 8 años y 6 meses hasta la edad de 11 años y 5 meses mientras que en los hombres iba de los 10 a los 14 años de edad. Estos datos muestran claramente que no se puede utilizar la edad cronológica como parámetro para evaluar la

madurez esquelética individual y por lo tanto para definir el momento oportuno para inicial el tratamiento de ortopedia dentofacial.

Los hallazgos de este estudio demuestran la validez del método de maduración vertebral cervical para valorar la madurez esquelética y para identificar el pico puberal de crecimiento craneofacial en sujetos individuales. El máximo incremento de la altura corporal tiene lugar en el intervalo que va del estadio 3 al 4 tanto en niños como en niñas. El pico de crecimiento puberal en la estatura coincide con el momento de máximo crecimiento de todas las dimensiones de la mandíbula.

Carreño Carreño y Cols. (148) realizan un estudio prospectivo sobre una muestra constituida por 42 pacientes de población española procedentes de clínicas de Ortodoncia privadas. Por sexo eran 21 mujeres y 21 varones, la edad promedio fue de 10,83 años siendo para las niñas 10,95 años y los niños 10,70; el único criterio para la inclusión en la muestra fue que estuvieran dentro del rango de edad de 7 a 18 años.

A cada uno de los paciente se les realizó una telerradiografía lateral de cráneo, en la que los cuerpos de las seis vértebras cervicales eran nítidos y completos, no mostrando rotaciones; y se realizó una radiografía de la mano izquierda, salvo en el caso de los niños zurdos que se estudio la mano derecha, en la que se pudiera observar el carpo y la epífisis distal del radio por encima del cartílago de conjunción.

La telerradiografía permitió valorar el estadio de maduración de las vértebras cervicales y la edad ósea según las vértebras, mediante el método de Hassel (143). Para el análisis se dibujaron en acetato los cuerpos de la segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta vértebra cervicales en base a las radiografías.

Las radiografías de la mano se utilizaron para conocer el estadio de maduración de los huesos de la mano y del carpo según el método de Grave y Brown (127).

Toda la información fue recogida y tratada por un único observador que realizó tres veces su trabajo, con el fin de reducir el posible error de medida.



Los autores analizan la relación entre la edad ósea determinada por la radiografía de la mano y la edad ósea a partir de las vértebras cervicales en la telerradiografía utilizando el método de Lamparski (135), el estudio de estas dos variables solo proporciona un débil correlación en el caso de las niñas. En el caso de los varones la inexistencia de correlación podría deberse al tamaño de la muestra y a que esta se distribuye en un rango de edades muy amplio.

Los autores comparan los dos métodos que utilizan las vértebras cervicales como índice de maduración, para ello se elaboraron unas tablas de contingencia y se encontró que estos dos métodos no son similares, aunque en el caso de las niñas se observaba una cierta similitud. Se concluye que el método de Hassel (143) tendría una aplicación clínica, ya que detecta el 97,2% de los casos que no han alcanzado el brote de crecimiento y el 100% de aquellos pacientes que lo han alcanzado.

Hong-Po y Cols (149), realizan un estudio para evaluar la fiabilidad del índice de maduración elaborado en base a las vértebras cervicales, como un indicador de la edad ósea durante el período puberal; este estudio se realizó en 2001. Se determinó correlacionando la maduración de las vértebras cervicales con respecto a la maduración ósea de la muñeca.

La edad ósea vertebral se determinó utilizando las radiografías laterales de cráneo en relación con los indicadores de maduración modificados por Lamparski (135) y la edad ósea de la muñeca mediante el sistema de Fishman.

La muestra estaba compuesta por 503 sujetos (244 varones y 259 mujeres) con edades comprendidas entre los 8 y 18 años. Los Coeficientes de Rango de Correlación de Spearman y Wilcoxon mostraron que existía una correlación estadísticamente significativa ente los dos objetos de estudio.

Se trazaron, en acetato, el proceso odontoides, el cuerpo de la tercera (C3) y de la cuarta (C4) vértebra cervical según las radiografías laterales. Los trazados de las vértebras cervicales eran evaluados atendiendo a la presencia o ausencia de curvatura en

los bordes interiores del proceso odontoides, los cuerpos de C3 y C4, clasificándose según el CVMI de Lamparski (135) que les correspondía.

Los resultados del estudio indican que la edad ósea determinada mediante el grado de maduración de las vértebras cervicales es fiable, reproducible y válido.

Baccetti y Cols. (150) realizan en 2001, un estudio para evaluar los efectos de un tratamiento de expansión maxilar, a corto y largo plazo, en dos grupos de sujetos tratados con un aparato Haas. Los resultados del tratamiento fueron evaluados antes y después del pico de maduración esquelética. Para conocer la edad ósea se utilizó el índice de maduración de las vértebras cervicales (CVM), en un grupo de 42 pacientes comparados con un grupo control de 20 pacientes.

Se analizaron las cefalometrías de los pacientes tratados en fase T1 (pretratamiento), T2 (postexpansión inmediata) y T3 (observación a largo plazo) y también para el grupo control se analizaron cefolometrías pero únicamente de los pacientes en la fase T1 y T3. La edad media (en años y meses) fue de 11 años y 10 meses tanto para el grupo de pretratamiento como para el grupo de control. La edad media para T3 también era comparable 20 años y 6 meses para el grupo de tratamiento y 17 años y 8 meses para el grupo control.

El estudio incluía medidas transversales de las estructuras dentoalveolares, las bases maxilar y mandibular y otras regiones craneofaciales (nasal, cigomático, orbital y craneal). Los pacientes tratados y de control fueron divididos en dos grupos que correspondían a su estadio de maduración esquelética individual. Los grupos de tratamiento precoz y control temprano no habían alcanzado el pico de crecimiento puberal T1 (CVM 1 a 3), mientras que los de tratamiento y control tardío se encontraban en el pico de crecimiento puberal o ligeramente después del pico de crecimiento en T1 (CVM 4 a 6).

El grupo tratado antes del pico de crecimiento puberal muestra significativamente mayores incrementos a corto plazo en la anchura de las cavidades

nasales. A largo plazo, la anchura esquelética del maxilar, la anchura bimolar maxilar, anchura lateronasal y anchura laterorbitaria fueron mayores en el grupo de tratamiento precoz.

El grupo de tratamiento tardío mostró incrementos significativos de la anchura lateronasal y en la anchura intermolar. El tratamiento de la expansión rápida del maxilar antes del pico de crecimiento permite inducir mayores cambios transversos craneofaciales a nivel esquelético

Bacceti y Cols (151) buscan elaborar una versión mejorada del índice de Maduración de las vértebras cervicales (CVM) como método de medición del Crecimiento Mandibular.

Este estudio coincide con varios de los citados anteriormente en que se observa una mejor respuesta al tratamiento de ortodoncia si este se realiza en el período coincidente con el momento en que el individuo alcanza el punto álgido de crecimiento puberal, en este momento tanto la mandíbula como el resto del cuerpo alcanzan el mayor ritmo de evolución.

Se estudia una muestra de 214 individuos ya que se rechazaron 492 por no contar con 6 o más observaciones cefalométricas. Pero dentro de esta muestra únicamente se eligieron para este estudio 30 individuos, 18 chicos y 12 chicas, ya que se necesitaban dos radiografías laterales consecutivas que coincidieran con el inicio y el final del crecimiento mandibular máximo, junto con dos radiografías laterales anteriores a este período y dos posteriores.

Se analizaron la segunda (C2), tercera (C3) y la cuarta (C4) vértebra cervical mediante las seis radiografías existentes. Primero se les sometió a un análisis visual y posteriormente a un análisis cefalométrico. En el análisis visual se observaron dos variables, la concavidad en el borde inferior de la vértebra y la apariencia que se catalogo en cuatro formas:

- **trapezoidal:** el borde superior desciende desde la parte posterior a la anterior.
- **rectangular horizontal:** la altura de los bordes anterior y posterior es igual, pero la longitud de los bordes longitudinales es mayor que la de los bordes verticales (la anchura es mayor que la altura).
- **cuadrada:** todos los bordes longitudinales y verticales son iguales o parecidos en longitud.
- **rectangular vertical:** la altura de los bordes anterior y posterior son iguales, pero los bordes superior e inferior tienen menor longitud que los bordes anterior y posterior (bordes verticales).

La aparición de una concavidad claramente visible en el borde inferior de la tercera vértebra cervical es una característica anatómica que en la mayoría de los casos indica que el individuo está en la etapa inmediatamente anterior al punto álgido del crecimiento mandibular.

Los estadios de esta nueva versión del índice de maduración ósea en función de las vértebras cervicales se resumen en la tabla siguiente:

Estadio	Vértebras Cervicales	Crecimiento
CMVS I	C3 y C4 tienen aspecto Trapezoidal. Se observan concavidades en los bordes inferiores de C3 y C4.	Se alcanzará la cumbre del crecimiento mandibular no antes de un año.
CMVS II	C3 y C4 presentan aspecto Trapezoidal o Rectangular Horizontal. Se observan concavidades en los bordes inferiores de C2 y C3.	Se alcanzará la cumbre del crecimiento mandibular en un período no superior a un año.
CMVS III	Los cuerpos de C3 y C4 presentan un aspecto Rectangular Horizontal. Las concavidades en el borde inferior se pueden observar claramente en C2, C3 y C4.	El punto álgido del crecimiento mandibular se ha producido con anterioridad dentro del período de uno a dos años antes de una observación con estas características.
CMVS IV	Al menos uno de los cuerpos de C3 y C4 presentan un aspecto Cuadrado y la otra vértebra presenta una forma Rectangular Horizontal.	El punto más alto del crecimiento se ha producido por lo menos un año antes.
CMVSV	Las concavidades en los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son todavía evidentes. Al menos uno de los dos cuerpos de C3 y C4 es rectangular vertical.	El pico de crecimiento mandibular se ha producido no más tarde de dos años antes de esta observación,

**Tabla 4.-** Estadios de maduración de las vértebras cervicales de Hassel y Farman modificado por Bacetti.

Este método se compone de 5 estadios de maduración frente a los 6 que generalmente se utilizan, el punto de mayor crecimiento mandibular se produce entre el CVMSII y CVMSIII. Este método es particularmente útil, según los autores, para evaluar a una persona de la que solamente poseemos una radiografía lateral de cráneo en la que se puede observar la columna cervical desde la segunda a la cuarta vértebra.

R. Rajagopal y Cols (152) estudian el proceso de crecimiento volviendo a incidir en la idea de que el estado de desarrollo de un niño puede determinarse mediante diversos indicadores de crecimiento que incluyen la edad cronológica, desarrollo dental, altura, peso, caracteres sexuales secundarios y edad ósea. La clave de cualquiera de estos métodos es la fiabilidad. Los ortodoncistas necesitan un método agudo, basado en estudios cruzados-seccionales, que no requieran un periodo de observación largo. Ya que la edad ósea ha sido considerado el método mas fiable hasta la fecha. Este estudio propone determinar la viabilidad de usar radiografías de MP3 (la falange media del dedo medio) como un indicador de maduración esquelética.

El objetivo del trabajo fue determinar si los 6 estadios modificados de MP· podían estar correlacionados con los 6 estadios de maduración de las vértebras cervicales (CMVI) descritos por Hassel y Farman (143) y evaluar la fiabilidad de la determinación de dichos estadios en base a la utilización de radiografías dentales estándar.

La muestra estudiada se componía de 75 niñas y 75 niños de edades comprendidas entre los 9 y 17 años de edad. Se llega a la conclusión de que la edad dental no es un patrón acertado para medir el desarrollo entre la infancia y la adolescencia, la correlación entre la edad ósea y la dental no fue significativa. Este estudio confirma la utilidad de los tratamientos basados en la medición del crecimiento puberal en base a las observaciones del MP3 observados mediante radiografías estándar.

Las ventajas de utilizar este método, según los autores residen en que la exposición a los rayos X es menor que cuando se realizan radiografías laterales o de muñeca, la claridad de la radiografías es superior a la que se da en las radiografías

laterales debido a la necesidad de una postura determinada, así como la economía que supone el no necesitar aparatos de rayos X suplementarios.

San Román y Cols. (153) realizan un estudio cuyo objetivo era determinar la validez de la valoración radiográfica de la maduración mediante las vértebras cervicales. Para realizar ese estudio se utilizaron radiografías de la muñeca izquierda y radiografías laterales de cráneo de 958 niños españoles, todos caucásicos (428 varones y 530 niñas) con edades medias de 11,6 en los niños y 11,5 en niñas.

Se utilizó la clasificación de Grave y Brown (127) para analizar la maduración esquelética en las radiografías de muñeca. La medición de la maduración en base a las vértebras cervicales se realizó con las radiografías laterales utilizando los estadios descritos por Lamparski (135) y Hassel y Farman (143).

Se trazaron en acetato el proceso odontoides y el cuerpo de la vértebra cervical. Para poder desarrollar un nuevo método evaluación de la maduración esquelética, se observaron los cambios anatómicos que presentaban en la concavidad del borde inferior, la altura y la forma del cuerpo vertebral, que se clasificaron como se relaciona a continuación:

*Concavidad del Borde inferior.*

Se consideraba que estaba presente cuando existía una distancia mayor de un mm. entre la mitad del borde inferior del cuerpo vertebral y la línea trazada desde el ángulo posteroinferior al ángulo anteroinferior del cuerpo vertebral.

De acuerdo con la aparición y profundidad de la concavidad se definieron 6 estadios.

- todas las vértebras tenían un borde inferior plano.
- existía una concavidad en el borde inferior de C2.
- existía concavidad en el borde inferior de C3.

- aumentaba la concavidad de C2 y C3 y existía concavidad en C4, C5 y C6.
- la concavidad aumentaba en todas las vértebras.
- existía una profunda concavidad en todas las vértebras y todos los bordes inferiores estaban redondeados.

#### *Altura del cuerpo vertebral.*

La altura fue calculada en C3 y C4 tomando como referencia la mitad del cuerpo vertebral, se considero como borde inferior a la línea trazada desde el ángulo posteroinferior al ángulo anteroinferior del cuerpo vertebral, también se calculó la anchura en la mitad del cuerpo vertebral y se definieron 4 estadios:

- la altura es menor que el 80% de la anchura.
- la altura se encuentra entre el 80% y el 99% de la anchura.
- la altura y la anchura se equiparan.
- la altura es mayor que la anchura.

#### *Forma del cuerpo vertebral.*

Se calculó en C3 y en C4 y se definieron varios estadios:

- el borde superior está afilado de posterior a anterior y tiene forma de cuña.
- C3 en forma de cuña y una forma casi rectangular de C4 con ausencia de ángulos superoanteriores.
- cuerpos de forma rectangular.
- cuerpo cuasicuadrados.
- cuerpos cuadrados.
- cuerpos rectangulares con la altura mayor que la anchura.

Los autores calcularon los Coeficientes de Correlación para establecer la relación entre los valores de la maduración esquelética obtenidos a través de las tres clasificaciones de maduración vertebral y esquelética obteniendo valores estadísticamente significativos.

La mayor virtud de este trabajo consiste en que con las tres variables morfológicas se ha diseñado una ecuación que permite estimar con precisión el estadio de maduración. El método diseñado es tan fiable como el de Hassel y Farman (143) y más fiable que el de Lamparski (135) ya que este último es más preciso en niñas.

Llega a la conclusión de que el mejor parámetro morfológico vertebral para calcular la maduración es la concavidad del borde inferior del cuerpo vertebral, pudiendo reemplazar a la radiografía de muñeca en la valoración del estadio de maduración esquelética.

Toshinori Mito y Cols. (154) realizaron un estudio cuyo propósito fue establecer la edad ósea de las vértebras cervicales y de esta manera realizar un nuevo índice para establecer la edad esquelética en base a la radiografías laterales de cráneo.

Se utilizaron las radiografías laterales de cráneo de 176 niñas, de edades comprendidas entre los 7 y los 14,9 años de edad midiéndose los cuerpos vertebrales de las vértebras de la zona cervical.

Las vértebras cervicales aparecen en las radiografías laterales de cráneo que los ortodoncistas realizan a sus pacientes como método normal y rutinario para planificar el tratamiento. Sato (137) informó de que la aparición del plato epifisal del proceso odontoide puede ser utilizado como indicador de que el paciente esta en el pico máximo de crecimiento.

Los autores realizan los siguientes procesos:

- determinan una fórmula de regresión para obtener la edad ósea de las vértebras cervicales basada en las proporciones y medidas de los cuerpos de la tercera C3 y cuarta vértebra.
- el Coeficiente de Correlación ente la edad ósea de las vértebras cervicales y la edad ósea (0,869) fue significativamente mas alto que el que mide la relación entre la edad ósea de las vértebras cervicales y la edad cronológica (0,705).



Examinaron radiografías laterales de cráneo y radiografías de muñeca. Las radiografías laterales de cráneo eran 1,0625 veces el tamaño real. Se midieron en la tercera C3 y cuarta vértebra cervical C4 las siguientes variables:

- altura del cuerpo vertebral anterior.
- altura del cuerpo vertebral.
- altura del cuerpo vertebral posterior.
- longitud anteroposterior del cuerpo.

En base a las proporciones y la edad cronológica se determinó una fórmula para obtener la edad ósea de las vértebras cervicales utilizando un análisis escalonado de regresión múltiple. Seleccionan la tercera C3 y la cuarta vértebra cervical C4 debido a varias razones: la primera vértebra (Atlas) no muestra su cuerpo, la segunda vértebra cervical (Axis) muestra un cambio morfológico muy pequeño y es de difícil medición, la quinta vértebra no aparece nítidamente en las radiografías laterales de cráneo.

El Coeficiente de Correlación entre la edad ósea de las vértebras cervicales y la edad ósea medida mediante el método de Tanner-Whitehouse (93) era significativamente mayor que la relación existente entre la edad ósea y la edad cronológica.

Los resultados sugieren que la edad ósea de la vértebra cervical es fiable para estimar la edad ósea tanto como el método Tanner-Whitehouse (93) lo hace sobre las radiografías de muñeca. La radiografía lateral de cráneo puede ser utilizada como medio para la determinación fiable de la madurez esquelética.

S. Madhu y Cols. (155) realizan un estudio para determinar la maduración esquelética que es parte integral del diagnóstico en el plan de tratamiento interceptivo. Los métodos utilizados hoy en día para la determinación de la maduración esquelética como la radiografía de muñeca o las radiografías de las vértebras cervicales son caras, requieren contar con un equipo adicional, especialmente para niños que están en crecimiento. Este estudio fue llevado a cabo teniendo en cuenta esta circunstancia y

busca obtener un único y sencillo método para determinar la maduración esquelética utilizando los estadios de desarrollo de la falange media del tercer dedo que se observa en una película IOPA tomada con un equipo de rayos X dental convencional.

Se estudió una muestra compuesta por 67 pacientes, 35 muchachos de edades comprendidas entre los 10 y los 18 años de edad y 32 niñas cuyo rango de edades era de 8 a 16 años. Una vez obtenido el permiso de los padres a las exposiciones radiográficas, se les practicó dos radiografías laterales y una radiografía de la zona de la falange media del tercer dedo utilizando película IOPA.

Se utilizó el método propuesto por Lamparski (135) y modificado por Hassel y Farman (143) para determinar la edad ósea de las vértebras cervicales. Se determinaron los estadios CVMI de los pacientes en estadios previos al pico puberal, pacientes que estaban en el punto álgido de crecimiento puberal y pacientes que habían sufrido ya el pico de crecimiento puberal según el método propuesto por Kucukkeles y Cols (146).

Los pacientes ponían la mano izquierda sobre una tabla plana y se radiografiaba la falange media del tercer dedo, siendo examinadas las radiografías por 3 observadores. Se clasificaron los pacientes en 3 estadios, pacientes en el período anterior a alcanzar el pico puberal de crecimiento, pacientes que se encuentran en el periodo de crecimiento puberal y aquellos pacientes que habían pasado el periodo de crecimiento puberal.

Los resultados del estudio muestran que este sencillo método es fiable y podría ser utilizado como un método alternativo para determinar la maduración esquelética de los niños en crecimiento.

### ***3. JUSTIFICACIÓN.***

### **3. JUSTIFICACIÓN.**

Uno de los factores determinantes a la hora de realizar un diagnóstico y sugerir un plan de tratamiento es establecer la edad ósea del paciente. Como sabemos, tanto la maduración ósea como la observación del desarrollo dentario no tienen correlación directa.

Se han llevado a cabo una serie de estudios que determinan la edad ósea del individuo en base a las telerradiografías laterales de cráneo en las que se pueden observar las vértebras cervicales. Este método ha sido totalmente contrastado con la edad ósea que se puede observar, en base a las radiografías de muñeca, en pacientes que han sobrepasado el pico de crecimiento puberal, que están en este período de crecimiento o que se aproximan al mismo.

El crecimiento y el desarrollo de las personas no es un proceso puntual, ni aislado; el crecimiento se prolonga en el tiempo y este estudio se centra en pacientes cuyas edades tempranas, alejadas de la fase en la que el individuo comienza la adolescencia.

Este trabajo intenta realizar un protocolo en la determinación de la edad ósea del individuo en base a la observación de las vértebras cervicales en telerradiografías laterales de cráneo en una población odontopediátrica cuyas edades se encontraban entre los 2 y los 9 años de edad.

#### ***4. OBJETIVOS.***

#### **4. OBJETIVOS.**

1. Establecer la correlación entre los tamaños de las vértebras cervicales y la edad.
2. Estudiar si existen diferencias significativas, entre uno y otro género, en el tamaño de las vértebras cervicales estudiadas, en la muestra total.
3. Determinar el estadio de la maduración dental para cada edad cronológica.
4. Correlacionar la maduración esquelética en las vértebras cervicales y la maduración dentaria.
5. Evaluar la validez, como variable predictora de la maduración dental, de las medidas vertebrales estudiadas.

## ***5. MATERIAL Y MÉTODO.***

## **5. MATERIAL Y MÉTODO.**

### **5.1.- UNIVERSO DE ESTUDIO.**

Expedientes de pacientes del “Programa de Atención Odontológica a Pacientes en Edad Infantil” de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid tratados en los últimos seis años. Se incluyeron en total 896 pacientes.

### **5.2.- MUESTRA.**

La muestra estaba integrada por todos los expedientes que cumplían con los criterios de Inclusión, excluyéndose los que presentaban alguno de los criterios de exclusión.

#### **Criterios de Inclusión:**

Expedientes de pacientes de uno y otro género.

Expedientes de pacientes de edad cronológica inferior a 10 años.

Expedientes de pacientes a los que se hubiese practicado un estudio radiográfico de Ortopantomografía y Radiografía Lateral de Cráneo.

#### **Criterios de Exclusión:**

Expedientes de pacientes que presenten algún síndrome genético o malformación congénita buco-facial.

Expedientes de pacientes con alguna patología sistémica significativa.

Expedientes de pacientes, en cuyas radiografías laterales de cráneo, no se observase de forma clara la 5ª vértebra cervical.

De este modo la muestra seleccionada se compuso de 203 niños, de edades comprendidas entre los 2 y 10 años. Su distribución por género fue de 86 niños y 117 niñas.



Las dos radiografías utilizadas fueron la Ortopantomografía (Fig. 29) y la Radiografía Lateral de Cráneo (Fig. 30), que presentaban las especificaciones técnicas que se describen a continuación:

### **Equipo para Ortopantomografía:**

Comercializado por la marca **Siemens**, corresponde al modelo Ortofox. Es un aparato panorámico dirigido por distintos programas de Software, lo que permite realizar diferentes proyecciones. El programa nº 1 es el correspondiente a la radiografía panorámica estándar.

Sus características técnicas más importantes son las siguientes:

Tensión nominal 208/220/230/240 v.

Corriente nominal 12 A.

Frecuencia 50/60 HZ.

Corriente del Tubo 9-16 mA.

Filtro equivalente de aluminio: 2,5mm.

Tamaño focal 0,5x 0,5mm.

Colocación del paciente: estándar

Técnica media utilizada: 65 kV y 12 mA. Tiempo: fijo 12 seg.



**Figura 29.- Ortopantomografía**

### **Equipo para Telerradiografía:**

Marca SEDECAL

Tubo: Comet.

Anodo giratorio.

Tensión Nominal: 380v

Foco: 0,3 x 0,3 mm.

Tensión del tubo: 50 a 125 kV.

Corriente del Tubo: 25-300 mA.

Distancia foco-línea media: 152 cm.

Distancia línea media- receptor de la imagen: 12 cm.

Técnica media utilizada: 75 kV y 60 MAS.



**Figura 30.-** Radiografía Lateral de Cráneo.

**Sistema de registro de la imagen:**

Radiología digital (CR) marca AGFA.

Detector de fósforo en formato 20 x 25 para la telerradiografía y 15 x 30 para la Ortopantomografía.

Digitalizados para placas de fósforo AGFA.

**Sistemas de Impresión:**

Cámara Láser multiformato marca KODAK.

*Variables.*

En el presente trabajo se utilizaron, para el análisis de la muestra, las siguientes variables:

**Independientes**

Género del paciente: Femenino o Masculino.

Edad.

**Dependientes**

**Cualitativas:**

Estadío de maduración dentaria según Demirjian y cols.

**Cuantitativas:**

Medidas Horizontales: Anchura superior (SUP).

Anchura media (MD).

Anchura inferior (INF).

Medidas Verticales: Altura izquierda (I).

Altura media (MD).

Altura derecha (D).

**5.3.- MATERIAL.**

Para el presente estudio se ha utilizado el siguiente material:

- 203 Radiografías laterales de cráneo.
- 203 Ortopantomografías.
- Calibre de Ortodoncia Dentaurem 042-751 modelo Munchner (Fig. 31).
- Scanner digital marca Epson Express 1380 (800 DPI).
- Fichas para recogida de datos.
- Lápiz de grafito # 0,5.
- Impresora Laser Jet 1200.
- Papel Blanco marca Galgo.



**Figura 31.-** Calibre de Ortodoncia.

Nombre:									
Apellidos:									
Edad:									
Género:									
C3	HSUP:								
	HMD:								
	HINF:								
	VI:								
	VMD:								
C4	VD:								
	HSUP:								
	HMD:								
	HINF:								
	VI:								
C5	VMD:								
	VD:								
	HSUP:								
	HMD:								
	HINF:								
Estadios de Maduración	VI:								
	VMD:								
	VD:								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8

**Figura 32.-** Ficha de recogida de datos.

## 5.4.- MÉTODO.

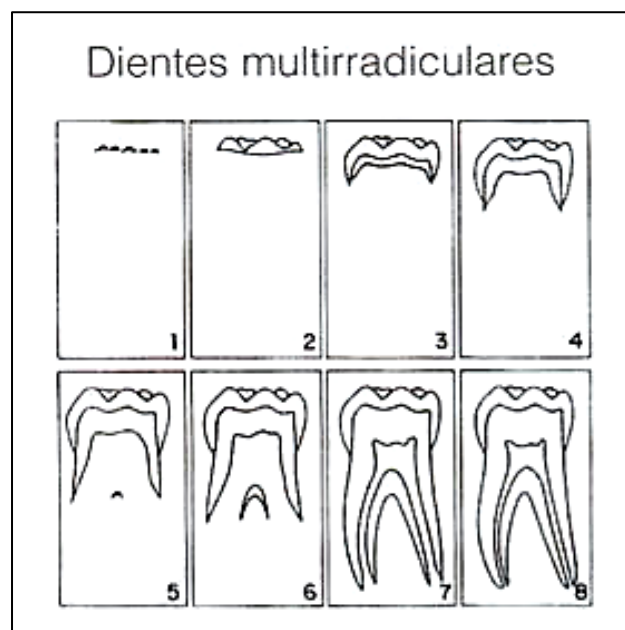
Los expedientes fueron evaluados por el investigador principal para estimar si cumplían con los criterios de Inclusión o de Exclusión.

### Parámetros a medir.

#### a) Ortopantomografía:

Para este estudio se utilizó la región dentaria mandibular y en ésta el primer molar permanente inferior izquierdo.

Todas las radiografías se analizaron por dos observadores con un negatoscopio convencional, determinando en que estadio de Demirjian (156) se encontraba (Fig. 32). Se establecieron los estadios según las directrices que se mencionan a continuación:



**Figura 32.-** Estadios de calcificación dentaria según Demirjian y cols.

Estadio 0: No se observa ningún signo de calcificación en la cripta. La formación de la cripta no se considera.

- Estadío 1: Se observa el inicio de calcificación coronaria en forma de uno o varios conos. No hay fusión entre los diferentes puntos de calcificación.
- Estadío 2: Se observa la unión de los diferentes puntos de calcificación para dar una superficie oclusal definida, de forma regular.
- Estadío 3: La formación de esmalte se ha completado en la superficie oclusal. Se observa un inicio de depósito de dentina. El contorno de la cámara pulpar tiene forma curva en el borde oclusal.
- Estadío 4: Se ha completado la formación de la corona. El contorno superior de la cámara pulpar tiene forma de trapecio. Se observa el inicio de la formación radicular en forma de espícula.
- Estadío 5: Se observa el inicio de la furcación radicular. La longitud de la raíz es más pequeña que la altura coronaria.
- Estadío 6: Continúa el desarrollo del área de la furcación para dar a las raíces un contorno más definido con terminaciones en forma de embudo. La longitud radicular es igual o superior a la altura coronaria.
- Estadío 7: Las paredes del conducto radicular son en este estadío paralelas. La extremidad apical de los conductos radiculares está parcialmente abierta.
- Estadío 8: La extremidad apical de los conductos radiculares está completamente cerrada. La membrana periodontal que contornea la raíz tiene un ancho uniforme a lo largo de todas las raíces.

*b) Radiografía Lateral de Cráneo:*

Para obtener mejor visión de las vértebras y evitar que algún otro dato de la telerradiografía pudiera dificultar su estudio, se tapo con una cartulina negra toda la radiografía, excepto la zona correspondiente a las cinco primeras vértebras cervicales y se escanearon (Fig. 33), para luego ser reproducidas en papel.

Posteriormente se dibujó como se muestra en la figura 34 las siluetas de las vértebras C3, C4 y C5, y se procedió a realizar las medidas horizontales y verticales por ambos investigadores, mediante un calibre, otorgando a cada una de ellas la clave correspondiente que se mencionan a continuación:

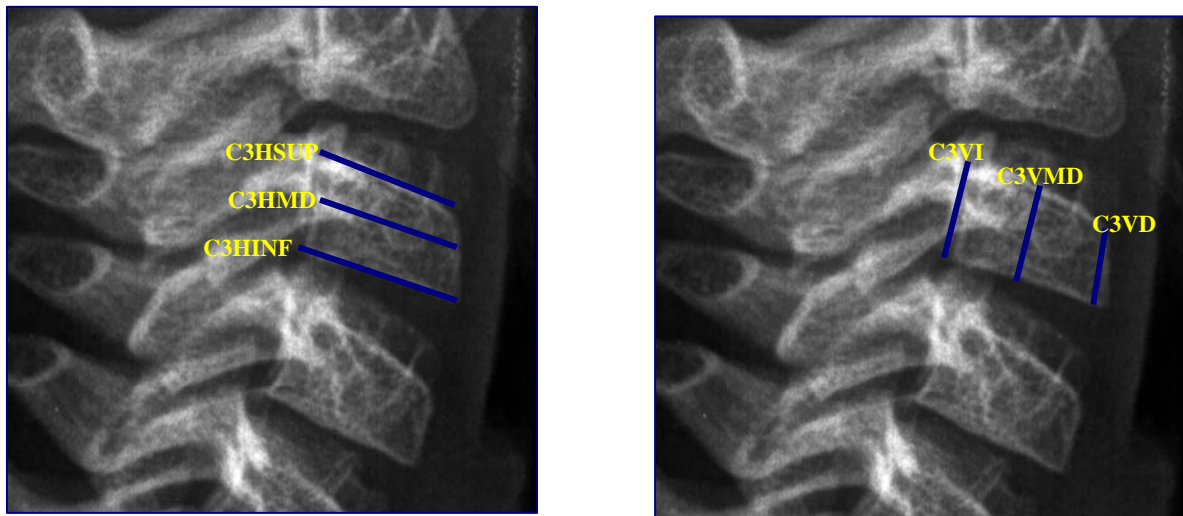
**Medidas Horizontales (H):** Superior (CHSUP), Media (CHMD) e Inferior (CHINF).

**Medidas Verticales (V):** Izquierda (CVI), Media (CVMD) y Derecha (CVD).

A cada una de ellas se le añadía el número correspondiente a la vértebra 3, 4 ó 5. Así, por ejemplo, la medida horizontal de la vértebra C3 superior se denominó C3HSUP.



**Figura 33.-** Segmento de la radiografía lateral de cráneo escaneada.



**Figura 34.-** Vértebras cervicales con las medidas horizontales y verticales.

Una vez que se realizaron las medidas de cada vértebra (C3, C4 y C5), todos estos valores fueron anotados en su ficha correspondiente, donde además figuraba el número de orden el nombre del niño, la edad en años y meses, el género y el estadio de maduración en se que encontraba el primer molar permanente inferior izquierdo.

Se utilizó como unidad de medida el centímetro, valorándose hasta el segundo decimal.



### **5.5.-VALIDACIÓN ESTADÍSTICA.**

- El análisis de resultados se realizará utilizando el paquete estadístico SPSS versión 12.0.
- Se utilizará estadística descriptiva para la obtención de frecuencias y medidas de tendencia central de la muestra (edad y género) y de la maduración dental (157).
- Se hallarán las medias y desviaciones típicas de las longitudes verticales y horizontales para los distintos grupos de edad.
- Se analizará si existen diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas en las cervicales y en la maduración dentaria por medio de la T de Student (158).
- Se realizarán test de correlaciones entre las medidas cervicales y la maduración dentaria y la correlación entre la edad y la maduración dentaria (159).
- Se empleará un test de correlación entre las medidas cervicales y la edad.
- En otro apartado se evaluarán los índices de acuerdo interjueces, para lo cual se emplea el índice Kappa, para la variable cualitativa maduración dental y las correlaciones de Pearson, para la variable cuantitativa medidas cervicales (158).
- Se analizará si las medias de las medidas cervicales difieren en los distintos grupos de edad, mediante un análisis de la varianza ANOVA (157).
- Por último, se realizará un análisis de regresión en el que se trata de predecir la maduración dentaria a partir de las medidas cervicales.

## ***6. RESULTADOS.***

## 6. RESULTADOS.

Para el análisis de la fiabilidad interjueces hemos evaluado su concordancia respecto a la variable maduración dentaria, de naturaleza cualitativa, mediante un índice de Kappa (Tabla 5) siendo el resultado de 0,986, por lo que muestra un acuerdo interjueces alto. Esto indica que el juicio de maduración dentaria elaborado por ambos expertos es casi coincidente.

		<b>Valor</b>
Medida de acuerdo	Kappa	0,986
Nº de casos válidos		203

**Tabla 5.-** Test de Kappa para establecer la concordancia interjueces.

En cuanto a la variable, medida de las vértebras cervicales C3-C4-C5, de naturaleza cuantitativa, se utilizó un análisis de varianza ANOVA (Tabla 6) que muestra fiabilidad interjueces muy alta.

Concretamente, el 78% de las mediciones de ambos expertos fueron coincidentes, mientras que un 22% presentaron ligeras diferencias. Excepto en las medidas C4 HMD, C3 VI, C3 VD y C4VD, las demás fueron mensuradas de manera casi idéntica por los expertos.

Para el contraste del ANOVA y de la regresión se tomo en cuenta únicamente al experto 1, puesto que los análisis arrojan los mismos resultados.

<b>C3 H SUP</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 H SUP</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C5 H SUP</b>	<b>Experto 2</b>
Experto 1	,932(**)	Experto 1	,942(**)	Experto 1	,934(**)
	0		0		0
	203		203		203
<b>C3 H MED</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 H MED</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C5 H MED</b>	<b>Experto 2</b>
Experto 1	,937(**)	Experto 1	0,102	Experto 1	,950(**)
	0		0		0
	203		203		203
<b>C3 H INF</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 H INF</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C5 H INF</b>	<b>Experto 2</b>
Experto 1	,912(**)	Experto 1	,826(**)	Experto 1	,890(**)
	0		0		0
	203		203		203
<b>C3 VI</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 VI</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C5 VI</b>	<b>Experto 2</b>
Experto 1	,248(**)	Experto 1	,929(**)	Experto 1	,939(**)
	0		0		0
	203		203		203
<b>C3 V MD</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 V MD</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C5 V MD</b>	<b>Experto 2</b>
Experto 1	,911(**)	Experto 1	,887(**)	Experto 1	,886(**)
	0		0		0
	203		203		203
<b>C3 V D</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 V D</b>	<b>Experto 2</b>	<b>C4 V D</b>	<b>Experto 2</b>
Experto 1	,233(**)	Experto 1	,184(**)	Experto 1	,848(**)
	0		0		0
	203		203		203

\*\*p<0,01

**Tabla 6.-** Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable cuantitativa medida de vértebras cervicales.

## 6.1 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.

Se analizaron 896 expedientes, de los cuales 203 (Tabla 7) cumplieron con los criterios de inclusión. En cuanto a los rangos de edad, el valor mínimo fue de 2 años y 10 meses y el máximo de 9 años y 9 meses; la edad media de la muestra fue 6 años y 10 meses y la desviación típica de 1 año y 9 meses.

En la distribución por género, en el total de la muestra, se observó que el 57,4% (117) eran niñas y el 42,2% (86) niños.

<b>Edad</b>	<b>Frecuencia</b>
2	2
3	8
4	21
5	35
6	31
7	38
8	36
9	32
Total	203

**Tabla 7.-** Distribución de frecuencias de la muestra por edad.

---

## 6.2 TAMAÑO DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES SEGÚN LA EDAD CRONOLÓGICA.

Al estudiar los tamaños de las vértebras cervicales, se encontró un ligero aumento en los valores según progresaba la edad cronológica. Así, para la vértebra cervical C3 (Tabla 8), en las distancias horizontales (H), la medida superior (SUP) en los niños de 2,3 y 4 años presentaba una media de 1,04, con una desviación estándar (DE) de 0,15, mientras que en los niños de 9 años la media fue de 1,11 siendo la DE 0,14; en la medida MD (media) la media de los niños pequeños fue de 1,16, siendo la DE 0,16, mientras que en los mayores fue de 1,21 y la DE 0,14. Respecto a la inferior (INF), la media en los niños de menor edad fue de 1,20 y la DE de 0,17 y en los de más edad la media fue de 1,27 con una DE de 0,14.

En las distancias verticales se observó para la medida izquierda (I) en el grupo de menor edad fue de 0,68 con una DE de 0,12, para el rango superior la media fue de 1,04 y la DE 1,27. En la medida MD en los niños pequeños la media fue de 0,66 y la DE de 0,14, en los mayores la media fue de 0,76 con una DE de 0,10. Para la medida derecha (D) la media de los niños de menor edad fue de 0,72 con una DE de 0,99, y para los de mayor edad la media fue de 0,66 con una DE 0,09.

El aumento de tamaño, en todas las medidas y vértebras, fue muy poco relevante, a excepción del aumento en la medida C3 VI.

Edad	2,3 y 4 años		5 años		6 años		7 años		8 años		9 años	
Medidas	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
C3H SUP	1,04	0,15	1,08	0,19	1,06	0,11	1,06	1,06	1,12	0,13	1,11	0,14
C3H MD	1,16	0,16	1,21	0,19	1,19	0,10	1,17	1,17	1,20	0,14	1,21	0,14
C3H INF	1,20	0,17	1,24	0,19	1,24	0,12	1,22	1,22	1,26	0,13	1,27	0,14
C3 V I	0,68	0,12	0,72	0,14	0,74	0,11	0,80	0,80	0,83	0,11	1,04	1,27
C3V MD	0,66	0,14	0,67	0,12	0,71	0,10	0,69	0,69	0,74	0,09	0,76	0,10
C3 V D	0,58	0,99	0,57	0,10	0,58	0,09	0,63	0,63	0,64	0,09	0,66	0,09

$\bar{X}$  : Media; DE: Desviación Estándar.

**Tabla 8.-** Tamaños de la vértebra cervical C3 por edades.

En cuanto a las medidas horizontales (Tabla 9) de la vértebra cervical C4 se pudo observar que para los niños de 2, 3 y 4 años en la distancia SUP, la media fue de 1,05 y la DE 0,12; en la medida MD, la media fue de 1,15 y la DE 0,16; en la INF la media fue de 1,18 y la DE 0,16. Para los niños de 9 años se encontró en la distancia SUP que la media fue de 1,12 y la DE 0,14; en la MD, la media fue de 1,18 y la DE 0,12; en la INF la media fue de 1,24 y la DE 0,15.

Al referirnos a las medidas verticales se encontraron que en los niños de 2 a 4 años en la distancia I la media fue de 0,68 y la DE 0,12; en la MD, la media fue de 0,68 y la DE 0,13; la D la media fue de 0,56 y la DE 0,15. En los niños de 9 años se pudieron ver que en la distancia I la media fue de 0,83 y la DE 0,11; en la MD, la media fue de 0,75 y la DE 0,09; para la D la media fue de 0,66 y la DE 0,08.

Edad	2,3 y 4 años		5 años		6 años		7 años		8 años		9 años	
Medidas	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
C4HSUP	1,05	0,12	1,09	0,20	1,10	0,11	1,09	0,10	1,13	0,15	1,12	0,14
C4HMD	1,15	0,16	1,40	1,34	1,18	0,12	1,16	0,11	1,18	0,16	1,18	0,12
C4HINF	1,18	0,16	1,18	0,26	1,22	0,13	1,20	0,12	1,24	0,16	1,24	0,15
C4VI	0,68	0,12	0,71	0,11	0,75	0,10	0,83	0,12	0,85	0,13	0,83	0,11
C4VMD	0,68	0,13	0,66	0,11	0,73	0,11	0,71	0,10	0,74	0,09	0,75	0,09
C4VD	0,56	0,15	0,57	0,11	0,61	0,11	0,62	0,10	0,66	0,09	0,66	0,08

$\bar{X}$  : Media; DE: Desviación Estándar.

**Tabla 9.-** Tamaños de la vértebra cervical C4 por edades.

Al describir las medidas de la vértebra cervical C5 (Tabla 10) encontramos para las medidas horizontales, en los niños de 2 a 4 años la distancia SUP una media de 1,06 y la DE 0,13, para la MD una media de 1,13 y la DE 0,14, en la INF la media de 1,19 y la DE 0,16. En los niños de 9 años se observaron para la distancia SUP una media de 1,14 y la DE 0,14, en la MD la media fue de 1,13 y la DE 0,14, para la INF la media fue de 1,19 y la DE 0,15.

En las medidas verticales los valores para los niños más pequeños fueron en la I 0,70 de media y DE 0,11, en la MD la media fue de 0,68 y la DE 0,09, por último para la D la media fue de 0,57 y la DE 0,10.



Edad	2,3y 4 años		5 años		6 años		7 años		8 años		9 años	
Medidas	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
C5HSUP	1,06	0,13	1,09	0,18	1,07	0,12	1,08	0,12	1,13	0,12	1,14	0,14
C5HMD	1,13	0,14	1,18	0,19	1,16	0,14	1,17	0,11	1,20	0,13	1,21	0,14
C5HINF	1,19	0,16	1,23	0,19	1,21	0,14	1,24	0,11	1,29	0,14	1,29	0,15
C5VI	0,70	0,13	0,71	0,12	0,76	0,09	0,79	0,10	0,83	0,12	0,83	0,11
C5VMD	0,68	0,13	0,68	0,09	0,74	0,08	0,71	0,08	0,76	0,08	0,77	0,09
C5VD	0,57	0,14	0,59	0,09	0,63	0,09	0,63	0,09	0,65	0,07	0,67	0,10

$\bar{X}$  : Media; DE: Desviación Estándar.

**Tabla 10.** Tamaños de la vértebra cervical C5 por edades.

### 6.2.1 Correlación entre medidas cervicales y la edad.

Las correlaciones entre edad y medición en cervicales son significativas en muchos casos y siempre positivas (Tabla 11). Parece haber, por lo tanto, relación positiva entre la edad y la longitud de las cervicales.

		Medidas de las Vértebras Cervicales					
		C3HSUP	C3HMD	C3HINF	C3VI	C3VMD	C3VD
EDAD	Correlación	0,19	0,10	0,15	0,19	0,29	0,02
	Significación	0,01*	0,17	0,03*	0,01*	0,00**	0,77
		C4HSUP	C4HMD	C4HINF	C4VI	C4VMD	C4VD
	Correlación	0,17	-0,04	0,16	0,46	0,25	0,33
	Significación	0,02*	0,60	0,02*	0,00**	0,00**	0,00**
		C5HSUP	C5HMD	C5HINF	C5VI	C5VMD	C5VD
	Correlación	0,20	0,16	0,24	0,42	0,33	0,31
Significación	0,00**	0,03*	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	

\*p<0,05; \*\*p<0,01

**Tabla 11.-** Correlación entre las medidas de las vértebras cervicales y la edad.

Los dos expertos muestran mucho acuerdo entre ellos. Sobre todo en lo que se refiere a la cervical número 5, en la que las correlaciones son para ambos siempre estadísticamente significativas.

Examinando la magnitud de las correlaciones, podemos afirmar que la medición más sensible a la edad cronológica es la VI (vertical izquierda), pues siempre presenta las correlaciones más altas (Con la excepción del experto 1 en la cervical 3, donde la relación más alta con la edad la tiene la medición media derecha (MD)).

### **6.2.2. Análisis de las diferencias de las longitudes de las vértebras cervicales en las diferentes edades.**

Para este análisis se ha utilizado la prueba ANOVA de un factor intergrupos. Antes de acometer la prueba estadística se agrupó en un mismo grupo de edad las correspondientes a 2, 3 y 4 años, pues el tamaño muestral para cada edad individual resultó insuficiente para que la prueba ANOVA sea robusta.

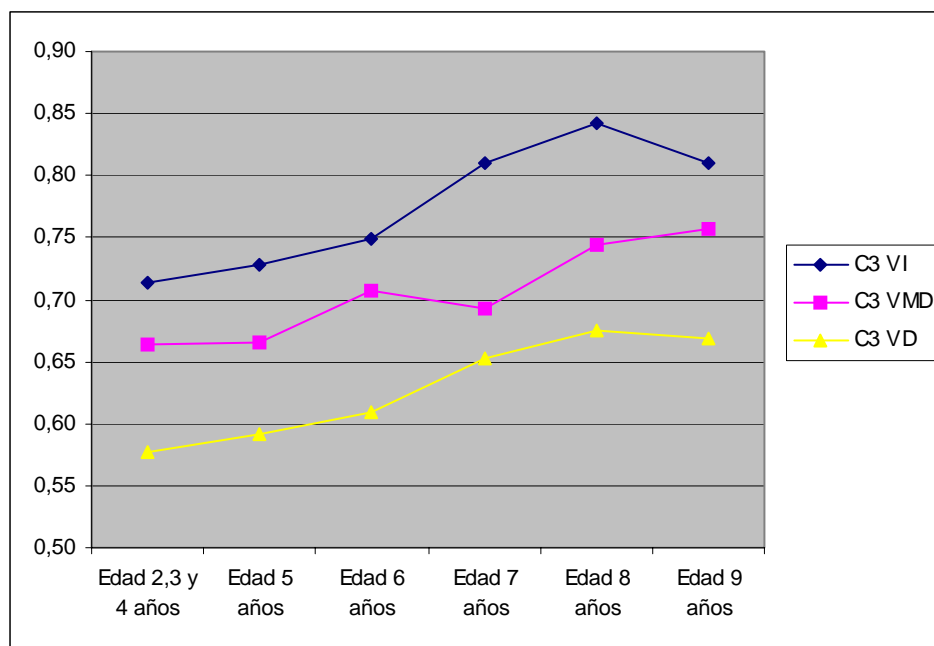
#### **a) Vértebra cervical C3.**

Al analizar la muestra en las medidas horizontales de la vértebra cervical C3 (Fig. 35) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,01$ ) de medias en las medidas C3HSUP, C3HMD, C3HINF en los 6 grupos de edad.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas de medias en la medida C3VMD en los 6 grupos de edad ( $p < 0,01$ ), pero no se encontraron diferencias de medias en la medida verticales C3VD ( $p > 0,05$ ).

En la medida C3VI se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos de edad ( $p < 0,01$ ).

Respecto a la medida C3VMD existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), entre el grupo de 2, 3 y 4 años con los de 8 y 9 años, siendo estos últimos los que tienen medias mayores en el indicador C3VMD. Lo mismo ocurre, respecto a los de 5 años, ya que tienen significativamente menos media que los grupos de 8 y 9 años. Los de 6 y 7 años no difieren de los más mayores. El siguiente gráfico muestra las medias en C3VI, C3VMD, C3VD dependiendo del grupo de edad.



**Figura 35.-** Análisis de las medias en C3VI, C3VMD, C3VD dependiendo del grupo de edad.

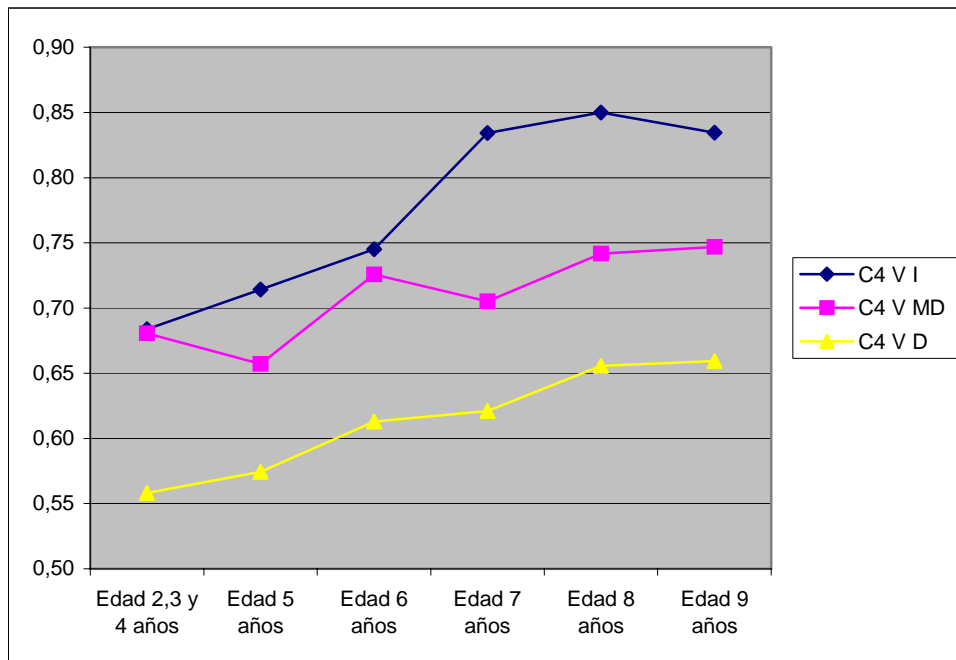
#### b) Vértebra Cervical C4.

Con respecto a las medidas horizontales (Fig. 36) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,01$ ) de medias en las medidas C4HSUP, C4HMD, C4HINF en los 6 grupos de edad.

Al analizar las medidas verticales se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) en las medias de C4VI dentro de los 6 grupos de edad. Concretamente los niños del grupo de edad de 2,3 y 4 años difieren significativamente de los de 7, 8 y 9 años, siendo estos últimos 3 grupos los que tienen mayores medias en la medida C4VI. Los de 5 años difieren también con los de 7, 8 y 9 años, y lo mismo ocurre en los de 6 años. Parece entonces diferenciarse la longitud de la cervical 4 en la medida VI entre los niños que van de 2 a 6 años y en los que van de 7 a 9 años.

El siguiente gráfico muestra las distintas medias para los grupos. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de C4VMD dentro de los 6

grupos de edad ( $p < 0,01$ ). La tendencia aquí no es tan clara como con la medida C4VI, ya que sólo se detectan diferencias de medias en los grupos de 5 años respecto a los de 8 y 9 años.



**Figura 36.-** Análisis de las medias en C4VI, C4VMD, C4VD dependiendo del grupo de edad.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de C4VD dentro de los 6 grupos de edad ( $p < 0,01$ ). En esta ocasión los dos grupos de niños más pequeños difieren de los dos más mayores.

La tendencia es bastante lineal, como puede observarse. Este dato nos indica que si se aumentase el tamaño de la muestra es muy posible que haya diferencias estadísticamente significativamente entre las medias de todos los grupos de edad. La técnica estadística empleada no detecta diferencias entre las medias de los grupos más pequeños, probablemente debido a diferentes tamaños muestrales.

**c) Vértebra cervical C5.**

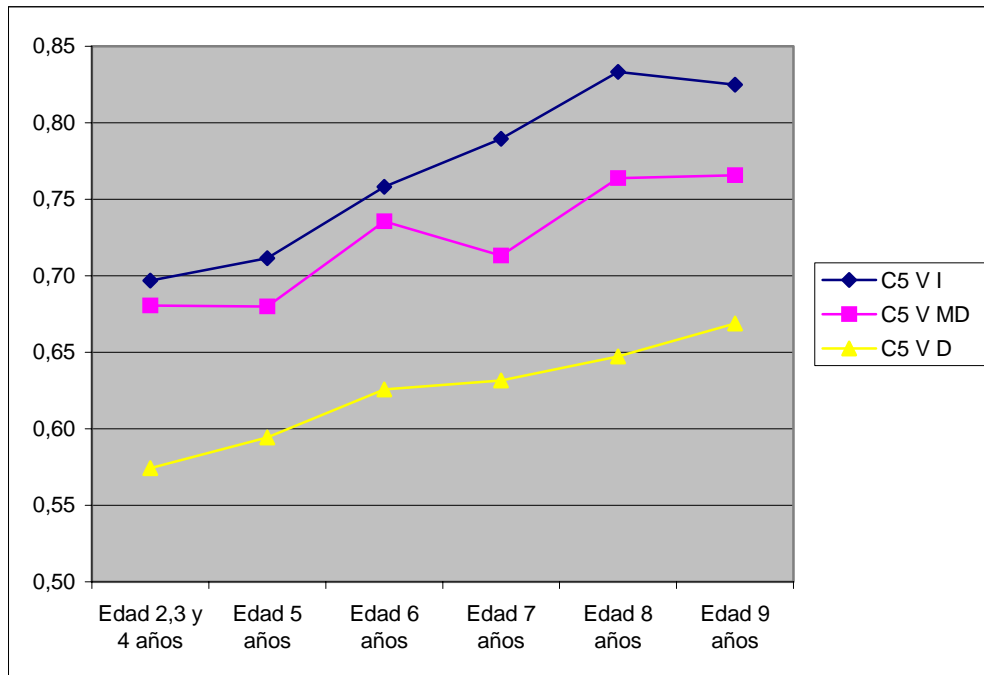
Al revisar los longitudes horizontales de la vértebra cervical C5 (Fig. 37) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,01$ ) de medias en las medidas C5HSUP, C5HMD, C5HINF en los 6 grupos de edad.

Cuando se analizaron las medidas verticales se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de C5VI dentro de los 6 grupos de edad ( $p < 0,01$ ).

Los dos grupos de edad más pequeños difieren significativamente en las medias de C5VI que los tres de más edad. Es decir, el grupo de 2, 3 y 4 años junto con el de 5 años difieren de los de 7, 8 y 9 años.

El grupo de 6 años no difiere de ningún otro. Al igual que la medición C4VI, probablemente, con mayores tamaños muestrales podría llegarse a la conclusión de que todos los grupos difieren entre sí. No es tan clara la relación que existe entre los dos grupos de niños más mayores, en la que la tendencia lineal a aumentar desaparece. Este hecho puede deberse a meras fluctuaciones muestrales del azar, o bien que la medición VI no es sensible a partir de los ocho años.

También, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de C5VMD dentro de los 6 grupos de edad ( $p < 0,01$ ). En esta ocasión, la medida VMD en la cervical 5 detecta diferencias estadísticamente significativas entre el grupo más pequeño y los dos grupos más mayores en cuanto a la edad cronológica. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de C5VD dentro de los 6 grupos de edad ( $p < 0,01$ ). El grupo más pequeño de edad difiere de los de 8 y 9 años. El grupo de 5 años difiere únicamente de los de 9 años.



**Figura 37.-** Análisis de las medias en C5VI, C5VMD, C5VD dependiendo del grupo de edad.

En el figura 37 hay una linealidad casi perfecta en la medida VD, la cual parece ajustarse muy bien a lo esperado teóricamente. No obstante, las medias no arrojan diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos de edad, posiblemente debido a que el tamaño muestral de cada grupo no es lo suficientemente grande.

En este punto no hay diferencias en cuanto a la tendencia a aumentar las medias, como ocurría con la medida VI. Aun así, las medidas VI aún son las más sensibles a la hora de detectar cambios, observándose como la medida VI tiene una pendiente más acusada que en la VD aunque la linealidad sea menos clara que en esta última.

### 6.3.- RELACIÓN ENTRE LOS TAMAÑOS DE LAS VÉRTEBRAS CERVICALES Y EL GÉNERO EN EL TOTAL DE LA MUESTRA.

Se observa para la vértebra cervical C3 (Tabla 12) que en las medidas horizontales existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) de medias en las longitudes cervicales, siendo mayores los tamaños de los niños que de las niñas. En las medidas verticales no se encuentran diferencias.

	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>
C3 H SUP	niñas	117	1,05
	niños	86	1,12*
C3 H MD	niñas	117	1,16
	niños	86	1,23*
C3 H INF	niñas	117	1,21
	niños	86	1,28*
C3 VI	niñas	117	0,82
	niños	86	0,77
C3 V MD	niñas	117	0,70
	niños	86	0,71
C3 VD	niñas	117	0,60
	niños	86	0,67

\* $p < 0,05$

**Tabla 12.-** Relación entre las medidas de la vértebra cervical C3 y el género.



Para las medidas de la vértebra cervical C4 (Tabla 13) se encontraron que en los tamaños horizontales SUP e INF existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias de las longitudes, siendo mayores las de los niños que de las niñas. En las medidas verticales no hubo diferencias.

	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>
C4 H SUP	niñas	117	1,07
	niños	86	1,13*
C4 H MD	niñas	117	1,21
	niños	86	1,21
C4 H INF	niñas	117	1,18
	niños	86	1,25*
C4 V I	niñas	117	0,77
	niños	86	0,79
C4 V MD	niñas	117	0,71
	niños	86	0,72
C4 V D	niñas	117	0,61
	niños	86	0,62

\* $p < 0,05$

**Tabla 13.-** Relación entre las medidas de la vértebra cervical C4 y el género.

Para las medidas de la vértebra cervical C5 (Tabla 14) en las medidas horizontales se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los niños y las niñas, siendo más altas las de los niños. A su vez, en las medidas verticales no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.

	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>
C5HSUP	Niñas	117	1,07
	Niños	86	1,13*
C5HMD	Niñas	117	1,14
	Niños	86	1,22*
C5HINF	Niñas	117	1,22
	Niños	86	1,28*
C5VI	Niñas	117	0,76
	Niños	86	0,78
C5VMD	Niñas	117	0,72
	Niños	86	0,73
C5VD	Niñas	117	0,62
	Niños	86	0,63

\* $p < 0,05$

**Tabla 14.-** Relación entre las medidas de la vértebra cervical C5 y el género.

En cuanto a la maduración dentaria no se encontraron diferencias significativas entre niños y niñas ( $T_{201} = 0,88$ ,  $p > 0,05$ ).

#### 6.4.- MADURACIÓN DENTARIA SEGÚN LA EDAD CRONOLÓGICA.

Al estudiar el estadio de maduración dentaria del primer molar inferior derecho en relación a la edad cronológica de los niños (Tabla 15) encontramos que a los 2,3,4 años, la calcificación del molar se encontraba entre el estadio 4 y el 5. En el grupo de niños de 5 años la calcificación está entre el estadio 5 y el 6. Sin embargo, tanto a los 6 como a los 7 años, la calcificación del molar se encuentra en el mismo estadio 6; de forma similar a lo que ocurre a los 8 y 9 años de edad en que la calcificación se encuentra en el estadio 7.

En la Tabla 11 se recogen los valores medios y desviaciones estándar para cada grupo de edad.

Edad	2,3 y 4 años		5 años		6 años		7 años		8 años		9 años	
Medidas	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE	$\bar{X}$	DE
Maduración Dental	4,71	0,82	5,54	0,61	6,23	0,88	6,87	0,34	7,22	0,48	7,25	0,44

$\bar{X}$ : Media; DE: Desviación Estándar.

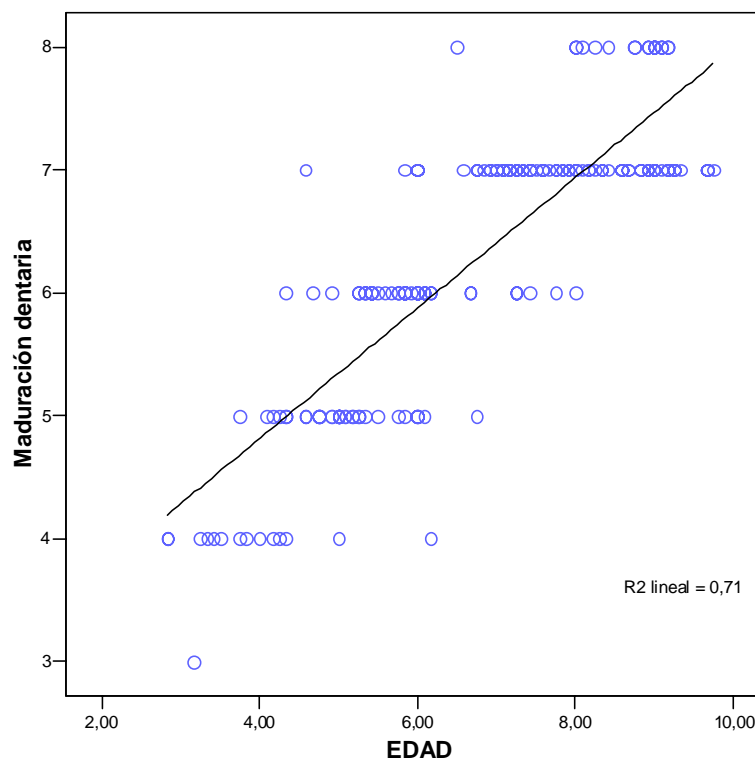
**Tabla 15.-** Grado de maduración dentaria del primer molar permanente por edades.

La correlación de Pearson es 0,843 (Tabla 16), en el gráfico 38 se muestra la correlación al cuadrado, que es el porcentaje común entre las varianzas de ambas variables, significativa al 1%, por lo que se da una relación muy alta y positiva entre la maduración dental y la edad.

		<b>EDAD</b>
Maduración Dental	Correlación de Pearson	0,843**
	Significación	,000
	N	203

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 16.-** Correlación entre la maduración dental y la edad.



**Figura 38.-** Regresión lineal simple entre los estadíos de la maduración dentaria y la edad.

## 6.5.- RELACIÓN ENTRE LA MADURACIÓN ESQUELÉTICA EN LAS VÉRTEBRAS CERVICALES Y LA MADURACIÓN DENTARIA.

Los resultados nos permiten apreciar que las medidas vertebrales se correlacionan significativamente con la maduración dentaria en sentido positivo. De modo que a mayor longitud cervical, mayor es la maduración dental.

Por otra parte, se observa un acuerdo interobservador elevado, especialmente en lo referido a las medidas de la vértebra cervical C5 (Tabla 17), en la que todas las correlaciones son estadísticamente significativas. Esta vértebra parece ser la más sensible a la hora de detectar maduración dental.

Por último, respecto a las diferentes medidas en las tres vértebras cervicales analizadas, cabe destacar que la medida VI es, a su vez, la más sensible para relacionarse con la maduración dental, puesto que es siempre la que presenta una correlación positiva mayor (Tabla 17).

		Medidas de las Vértebras Cervicales					
		C3HSUP	C3HMD	C3HINF	C3VI	C3VMD	C3VD
Maduración dental	Correlación	0,15	0,08	0,15	0,21	0,26	0,02
	Significación	0,03 *	0,27	0,03 *	0,00 **	0,00 **	0,80
		C4HSUP	C4HMD	C4HINF	C4VI	C4VMD	C4VD
	Correlación	0,15	-0,06	0,15	0,49	0,23	0,33
	Significación	0,03 *	0,38	0,04 *	0,00 **	0,00 **	0,00 **
		C5HSUP	C5HMD	C5HINF	C5VI	C5VMD	C5VD
	Correlación	0,18	0,17	0,22	0,42	0,28	0,30
Significación	0,01 **	0,02 *	0,00 **	0,00 **	0,00 **	0,00 **	

\* Significativo al 5%; \*\* Significativo al 1%.

**Tabla 17.** Relación de las medidas de las vértebras cervicales y la maduración dental.

## 6.6.- PREDICTORES VERTEBRALES DE LA MADURACIÓN DENTAL.

Con este análisis se pretende evaluar si las medidas de las vértebras cervicales pueden utilizarse como variables predictoras de la maduración dental.

Tras probar varios modelos de regresión, los dos (Tabla 18) que han explicado mayor parte de la varianza son los siguientes:

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajust.	Error típ. de la estimación
1	0,485 (a)	0,236	0,232	0,966
2	0,519 (b)	0,269	0,258	0,949

a Variables predictoras: (Constante), C4 V I

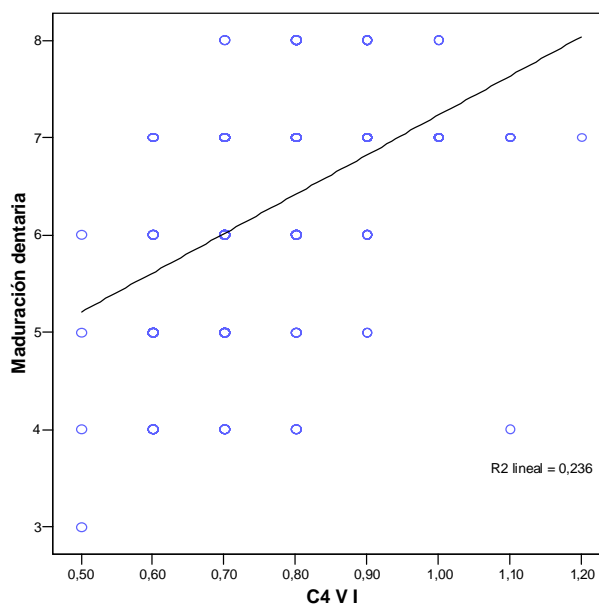
b Variables predictoras: (Constante), C4 V I, C4 V MD, C3 V I

**Tabla 18.-** Relación entre las medidas de las vértebras cervicales y la maduración dentaria mediante un análisis de regresión.

En el modelo 1 se ha utilizado como variable predictora o independiente la medida C4VI, que es la que más se correlaciona con maduración dentaria dentro de las medidas de las vértebras cervicales ( $p < 0,01$ ).

Con esta variable se consigue explicar hasta un 24% de la maduración dentaria y se rechaza la hipótesis de que la predicción sea del 0% ( $p < 0,01$ ).

En la figura 39 se muestra el diagrama de dispersión entre la cervical C4VI y la maduración dentaria encontrándose una relación positiva.



**Figura 39.-** Regresión de la maduración dentaria respecto a la longitud vertical izquierda de la vértebra C4.

El modelo 2 es multivariante (Tabla 19), ya que se escogen las tres variables que contribuyen significativamente a predecir la maduración dentaria. Las vértebras que mejor predicen la maduración dental son la C4VI, C4VMD y C3VI. Con este modelo se consigue explicar un 27% de la maduración dental con estas tres medidas vertebrales ( $R^2 = 0,27$ ;  $p < 0,01$ ).

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	EE	Beta		
1	(Constante)	3,179	,407		7,818	,000
	C4VI	4,047	,514	,485	7,870	,000
2	(Constante)	3,663	,463		7,916	,000
	C4VI	4,928	,698	,591	7,057	,000
	C4VMD	-1,947	,848	-,191	-2,297	,023
	C3VI	,263	,130	,125	2,025	,044

a Variable dependiente: Maduración dentaria.

**Tabla 19.-** Regresión lineal multivariante entre las medidas de las vértebras cervicales y la maduración dentaria mediante un análisis de regresión.

En el modelo 2 (Tabla 19) el análisis de regresión muestra que la medida C4VI es la que contribuye más a la hora de predecir la maduración dentaria, sin embargo la medida C4VMD tiene una relación negativa con la maduración dental. Es decir, aunque predice la maduración dental la relación es que a mayor longitud de vértebra, menor es la maduración dental.

La medida C3VI también contribuye a predecir la maduración dental.



## ***7. DISCUSIÓN.***

## **7. DISCUSIÓN.**

La revisión de la literatura permite observar grandes diferencias en el tamaño muestral de los estudios realizados.

La mayoría de los trabajos, así como el nuestro, constan de muestras, las cuales podríamos encuadrar entre los 80 y los 215 registros analizados.

Aún así, también hemos encontrado numerosas investigaciones con tamaños más reducidos, tales como la de Carreño y cols. (148) con 42 pacientes, Franchi y cols. (147) con 24, Bujaldon-Daza y cols. (145) con 18, e incluso la de O'Reilly (139) con 13.

Nuestra muestra, que consta de 203 registros, puede considerarse de un tamaño grande para este tipo de investigación y es similar a las utilizadas por Moscoso y cols. (138), Hassel y Farman (143) y Bacceti (151). Todos estos autores estudiaron más de 200 individuos.

Sin embargo, cabe destacar, que existen estudios como el de Hong-Po y cols. (149) con 503 individuos y el de San Román y cols. (153) con 958 individuos que nos superan claramente con respecto al tamaño de la muestra. En ambos estudios, el rango de edad de los niños superó los 10 años, siendo de 8 a 18 años en el caso de Hong-Po y de 5 a 18 años para San Román y cols. En este último estudio, se utilizó como muestra el banco de pacientes de ortodoncia de una Universidad española, tratados durante 16 años, lo que explicaría el elevado tamaño muestral.

Al analizar el género, casi todos los estudios presentan una distribución prácticamente homogénea entre niños y niñas. Sin embargo, nos llama la atención que en tres de los estudios revisados, los de O'Reilly (139), Vilar Martínez (142) y Toshinori Mito (154) la muestra está compuesta exclusivamente por niñas. Vilar justifica esta elección para poder determinar el pico puberal, ya que las niñas tenían menarquia ausente o con menos de seis meses de presentación.

En nuestro caso, consideramos de gran importancia analizar también los resultados en uno y otro género, por lo que utilizamos una muestra compuesta por 117 niñas y 86 niños, siguiendo la orientación de la mayoría de los trabajos.

Con respecto a los rangos de edad de los niños estudiados, la diversidad que hemos podido hallar es muy elevada. Así, hemos encontrado investigaciones con rangos muy extensos, llevadas a cabo en niños desde los 5 a los 17 años (138), de los 5 a los 18 años (153) y la más amplia de todas, la de Franchi y cols (147) que incorporó niños desde los 3 a los 18 años. Sin embargo, nos llama la atención que en este último estudio la muestra se limitó a 24 niños por lo que los resultados, en cuanto a los grupos de edad, no pueden resultar significativos por su limitado tamaño muestral.

En la mayor parte del resto de los trabajos que hemos analizado la muestra comienza alrededor de los 9 ó 10 años, ya que es en esta etapa de la vida cuando comienza el crecimiento puberal. Y la edad límite superior está comprendida entre los 17 ó 18 años.

Sin embargo, en nuestra investigación consideramos que existía un vacío evidente en el estudio de la correlación entre la maduración dentaria y la maduración ósea en los niños en edades bajas, por lo que se seleccionó una muestra en etapa más temprana, comenzando con niños de 2 años e incluyendo los de edades cronológicas sucesivas hasta los 9, consiguiendo una media de edad de 6,3.

Con respecto al material seleccionado, hemos hallado unificación de criterios en todos los trabajos que hemos revisado. Todos los autores utilizaron telerradiografías laterales de cráneo como registros de las vértebras cervicales y para observar el estadio de maduración dentario emplearon ortopantomografías, lo cual no sorprende debido a la universalidad, estandarización y utilidad de este tipo de radiografías.

A la hora de realizar las mediciones vertebrales en nuestro trabajo, se decidió emplear un calibre micrométrico de ortodoncia, siguiendo el ejemplo de Toshinori Mito

y colaboradores (154), por su facilidad de uso y exactitud frente a las reglas de medida convencionales.

En 1972, Lamparski (135), diseñó un método de medida específico para las vértebras cervicales, tal y como se observan en las telerradiografías laterales de cráneo. Estableció 2 planos de medidas, vertical y horizontal, estudiando tanto el tamaño como la forma de las vértebras. Con ello, consiguió crear un “Atlas descriptivo de radiografías estándares” con esquemas de las variaciones que dichas vértebras cervicales sufren a través de los años y asignándoles 6 estadíos. Este Atlas se encuentra limitado al rango de edad comprendido entre los 11 y los 16 años, en los niños, y entre los 10 y los 15 años en las niñas, ya que descubrió que la maduración ósea es más temprana en el género femenino.

La mayoría de los estudios que se realizan posteriormente, se basan en el “Atlas descriptivo de Lamparski” (135) para llevar a cabo su análisis vertebral. Vilar, Casas y Serra (142), 22 años después, establecen modificaciones al “Atlas de Lamparski” mediante la adición de estadíos intermedios.

En cambio, en 1995, Hassel y Farman (143) establecen su propio indicador de maduración esquelética, describiendo 6 estadíos denominados: iniciación, aceleración, transición, deceleración, maduración y terminación, aplicándolos a la tercera, cuarta y quinta vértebras cervicales y diseñando un esquema con los índices de maduración ósea de dichas vértebras (CVMI).

A partir de este estudio y hasta la actualidad, la mayor parte de los autores (145-153) emplean el sistema CVMI para analizar el grado de maduración ósea en las vértebras cervicales.

Sin embargo, recientemente, en el año 2002, Toshinori Mito y cols. (154) buscan realizar un nuevo índice, basándose en mediciones lineales, para establecer la edad esquelética en base a las radiografías laterales de cráneo. Para ello, observan los cambios anatómicos que las vértebras cervicales, exceptuando el atlas, presentan en la

concavidad del borde inferior, la altura y la forma del cuerpo. De acuerdo a la aparición y profundidad de la concavidad, definieron 6 estadios y con respecto a la altura, determinaron otros 4 estadios. En este trabajo, de nuevos los autores emplearon papel de acetato y rotulador para trazar la forma del proceso odontoide y de cada cuerpo vertebral. En nuestro estudio se ha aplicado una modificación de la metodología utilizada por estos autores, manteniendo las tres medidas verticales pero aumentando a tres las medidas horizontales para realizar un método similar en ambos planos del espacio.

En nuestro estudio, para disminuir en lo posible el error inherente a la transcripción de la forma vertebral al papel de acetato, recurrimos a una metodología, apoyándonos en tecnologías informáticas actualizadas. Por tanto, se procedió al escaneado y posterior impresión en papel, de la región correspondiente a la zona vertebral cervical de cada una de las telerradiografías laterales de cráneo de la muestra. Las medidas vertebrales se realizaron por tanto, directamente de la copia en papel de la radiografía, obteniéndose de este modo unas mediciones mas reales que las obtenidas con métodos de escritura tradicional (138, 139).

Al comparar nuestros resultados con los de otros autores, se aprecia que los autores no publican los valores numéricos sino que algunos, como San Roman (153), expresan los resultados en proporciones entre altura y anchura u obtienen indicadores de maduración biológica a través de la aparición del núcleo de osificación de la apófisis odontoides (DEP) (135,139,143). Por tanto, la comparación de los tamaños vertebrales no ha sido posible por las diferencias de edad de la muestra y la metodología empleada.

Al comparar los tamaños obtenidos en uno y otro género, se observa que, las medidas horizontales, son mayores en los niños que en las niñas. La diferencia no existe en el sentido vertical. Esto puede relacionarse con el hecho de que en las edades estudiadas no se ha iniciado el brote de crecimiento prepuberal en el que las niñas adelantan en altura a los niños.

Con respecto a la maduración dentaria, se eligieron los estadios desarrollados por Demirjian et al. en 1973 (60-63). Este sistema está suficientemente validado por numerosos estudios y los resultados obtenidos por nosotros son coincidentes con los promedios obtenidos por Barbería en 1989 en una muestra similar (54).

La relación entre la maduración esquelética, medida en las vértebras cervicales, y la calcificación dental ha sido estudiada en España por varios autores. El trabajo de San Román intenta relacionar C3 y C4 con la maduración de caninos, premolares, segundos y terceros molares inferiores. Concluyen que la relación es positiva si se hace individualmente con cada diente y que hay que tomarla con cautela globalmente.

Vilar y cols. (142) buscaron la relación entre las vértebras C2,C3,C4 y C5 y los terceros molares inferiores en niñas, concluyendo que hay una correlación positiva.

En nuestros resultados, también se obtuvo una relación entre estos indicadores de maduración biológica, con un índice de correlación de 0.84 y un nivel de significación menor de 0.01 entre la maduración dentaria y la edad cronológica. En nuestro caso, la relación se estableció con los primeros molares permanentes inferiores ya que al ser la muestra de una edad inferior eran estos los dientes más valorables.

Resulta importante resaltar que los cambios significativos de tamaños se han observado en las medidas verticales únicamente y, asimismo las medidas predictoras de maduración dentaria han sido C4VI, C4VMD y C3VI, es decir todas ellas verticales.

## ***8. CONCLUSIONES.***

## **8. CONCLUSIONES**

- 1.- Se ha obtenido un incremento significativo de las medidas verticales asociado al aumento de la edad cronológica y, no en las horizontales.
- 2.- El mayor aumento de tamaño en las medidas verticales ha ocurrido en la medida vertical izquierda (VI) de la tercera vértebra y en menor cuantía en la misma medida de la cuarta y quinta vértebras.
- 3.- En cuanto al género, las medidas horizontales de las vértebras cervicales C3, C4 y C5 en la muestra estudiada fueron significativamente mayores en los niños que en las niñas.
- 4.- En las edades valoradas, la maduración dentaria del molar estudiado ha correspondido a los estadios de desarrollo de la raíz.
- 5.- Se ha obtenido una correlación directa y positiva entre el aumento de tamaño de la medida vertical izquierda (VI), en cada una de las tres vértebras estudiadas, y la calcificación dentaria.
- 6.- Las medidas verticales izquierdas de las vértebras tercera y cuarta y la medida vertical media de la cuarta vértebra pueden ser aplicadas para predecir la maduración dental del primer molar permanente inferior.
- 7.- A la luz de nuestros resultados, podría continuarse el estudio a fin de obtener un Atlas descriptivo complementario al obtenido por otros investigadores en una muestra de niños de mayor edad.



## ***9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.***

1. Jiménez R, Molina JR, Bacallao J, Jiménez LS, Valladares V, Álvarez O. Estudio de alguno de los factores que condicionan el tamaño del neonato. *Rev Esp Ped* 1984; 2:129-95.
2. Meredith HV. Recent studies on growth of the body and face. *Am J Orthod* 1959; 45:110-24.
3. Steward RE, Barber TK, Troutman KC, Wey S. *Pediatric dentistry. Scientific foundation and clinical practice*. 1st ed. St. Louis: The Mosby Company; 1982.
4. Koch G, Modeér T, Poulsen S, Rasmussen P. *Odontopediatría. Enfoque clínico*. 1ra ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1994.
5. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod* 1982; 52:88-112.
6. Nolla C. The development of the permanent teeth. *ASDC J Dent Child* 1960; 27:254-66.
7. Burstone CJ. Process of maturation and growth prediction. *Am J Orthod* 1963; 49:907-19.
8. Uhthoff, H.K. *The Embryology of the Human Locomotor System*. 1th edit. Berlin: Springer- Verlag; 1990.
9. Cave AJ. On fusion of the atlas and axis vertebrae. *J Anat* 1930; 64:337-43.
10. Johnson DR, O'Higgins P. Is there a link between changes in the vertebral Hox code and the shape of the vertebrae? A quantitative study of shape change in the cervical vertebral column of mice. *J Theor Biol* 1996; 183:89-93.

11. Johnson DR, Mc. Andrew TM, Özkan O. Shape differences in the cervical and upper thoracic vertebrae in rats (*Rattus norvegicus*) and bats (*Pteropus poiocephalus*) : can we see shape patterns derived from position in column and species membership?. *J Anat* 1999; 194:249-53.
12. Müller F, O’Rahilly R. Occipitocervical segmentation in staged human embryos. *J Anat* 1994; 185:251-8.
13. Barnes E. *Developmental Defects of the Axial Skeleton in Paleopathology*. Colorado: University Press of Colorado; 1994.
14. Saluja PG. The incidence of spina bifida occulta in a historic and modern London population. *J Anat* 1988; 158:91-5.
15. Zimmerman AW, Lozzio CB. Intersection between selenium and zinc in the pathogenesis of anencephaly and spina bifida. *Z Kinderchir* 1989; 44:48-50.
16. Tanaka T, Uthoff HK. Significance of resegmentation in the pathogenesis of vertebral body malformation. *Act Orthop Scand* 1981; 52:331-8.
17. Dalgleish AE. A study of the development of thoracic vertebrae in the mouse assisted by autoradiography. *Acta Anat* 1985; 122:91-8.
18. Müller F, O’Rahilly R. Somatic vertebral correlation and vertebral levels in the human embryo. *Am J Anat* 1986; 177:3-19.
19. Struthers J. On variations of the vertebrae and ribs in man. *Journal of Anatomy and Physiology* 1875; 9:17-96.
20. Goldstein RS, Kalcheim C. Determination of epithelial half-somites in skeletal morphogenesis. *Development* 1992; 116:441-5.

21. Birkner R. Normal Radiographic Patterns and Variances of the human skeleton an X ray. Atlas of adults and children. 1st ed. Baltimore (Munich): Urban and Schwarzenberg; 1978.
22. Ogden JA. The development and growth of the musculo-skeletal system. In: Albright JA, Brands R, editors. Scientific Basis of Orthopaedics. 1st ed. New York: Appleton-Century Crofts; 1979. p. 41-103.
23. Richenbacher J, Landolt AM, Theiler K. Applied Anatomy of the back. 1st ed. Berlin: Springer; 1982.
24. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MWJ. Gray's Anatomy. 38th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995.
25. Frazer JE. The Anatomy of the human skeleton. 4th ed. London: Churchill; 1948.
26. Hollinshead WH. Anatomy of the Spine: points of interest to orthopaedic surgeons. J Bone Joint Surg 1965; 47:209-15.
27. Last RJ. Anatomy Regional and Applied. 5th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1973.
28. Ratcliffe JF. An evaluation of the intra-osseous arterial anastomoses in the human vertebral body at different ages. A microarteriographic study. J Anat 1982; 134:373-82.
29. Bagnall KM, Harris PF, Jones PR. A radiographic study of the human fetal spine. The sequence of development of ossification centres in the vertebral column. J Anat 1977; 124:191-202.

30. Müller F, O'Rahilly R. The human chondrocranium at the end of the embryonic period, paper, with particular reference to the nervous system. *Am J Anat* 1980; 159:33-58.
31. Castellana C, Kósa F. Morphology of the cervical vertebrae in the fetal and neonatal human skeleton. *J Anat* 1999; 194:147-52.
32. Castellana C, Kósa F. Estimation of fetal age from dimensions of Atlas and Axis ossification centres. *Forensic Sci Int* 2001; 117: 31-45.
33. Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenil Osteology*. 1st ed. London: Academic Press; 2000.
34. Wollin DG. The os odontoideum. *J Bone Joint Surg* 1963; 45:1459-71.
35. Freiburger RH, Wilson PD, Nicholas JA. Acquired absence of the odontoid process. *J Bone Joint Surg* 1965; 47:1231-6.
36. Dyck P. Os odontoideum in children: neurological manifestation and surgical management. *Neurosurgery* 1978; 8:93-9.
37. Gray H. *Anatomía de Gray. Bases Anatómicas de la medicina y la cirugía*. 38va ed. Madrid: Harcourt; 2001.
38. Gómez L. *Lecciones de anatomía humana*. 1ra ed. Barcelona: Ediciones Marban; 1963.
39. Testut L, Latarjet A. *Anatomía humana*. 1ra ed. Barcelona: Salvat Editores; 1979.
40. Bick EM, Copel JW. Longitudinal growth of the human vertebra. *J Bone Joint Surg* 1950; 32:803-14.

41. Southwick WO, Keggy K. The normal cervical spine. *J Bone Joint Surg* 1964; 46(8):1767-77.
42. Vastardis H, Evans CA. Evaluation of cervical spine abnormalities on cephalometric radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109:581-8.
43. Roig D. *Clínica y radiología de la columna cervical*. 1ra ed. Barcelona: Toray; 1970.
44. Cantor ML, Norton LA. Normal radiographic anatomy and common anomalies seen in cefalometrics films. *Am J Orthod* 1987; 91:414-26.
45. Bhaskar SN. *Histología y embriología bucal de Orban*. 9na ed. Buenos Aires: Florida 340; 1983.
46. Mjor JA, Pindborg JJ. Odontogénesis. En: *Histología del diente humano*. 1ra ed. Barcelona: Editorial Labor; 1973. p. 17-32.
47. Dawis WL. *Histología y Embriología Bucal*, 1era ed. México (OF): Interamericana-McGraw-Hill; 1988.
48. Lumsden AG. Spatial organization of the epithelium and the role of neural crest cells in the initiation of the mammalian tooth germ. *Development* 1988; 103:155-69.
49. Thesleff L, Vaahtokari A, Vainio S. Molecular changes during determination and differentiation of the dental mesenchymal cleft lineage. *J Biol Buccale* 1990; 18:179-88.
50. Kitamura H. *Oral embriology and Pathohistology*. 1st ed. Tokio: Ishiyaku EuroAmerica; 1998.

51. Schulze C. Anomalías en el desarrollo de los dientes y maxilares. En: Gorlin RJ, Goldman HM, editores. Patología Oral. Ira ed. Barcelona: Salvat Editores; 1973. p. 209-26.
52. Thesleff L. Tooth development. Dent Update 1991; 2:382-6.
53. Mjör LA, Fejerskov O. Embriología e Histología Oral Humana. Ira ed. Barcelona: Salvat Editores; 1989.
54. Barbería Leache E. Contribución al estudio de la maduración y erupción dentaria en los niños españoles [proyecto de investigación para cátedra]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 1989.
55. Prahl-Andersen BP, Van der Linden F. The estimation of dental age. Trans Eur Orthod Soc 1972; 48: 535-41.
56. Logan WH, Kronfeld R. Development of the human jaws and surrounding structures from birth to the age of fifteen years. J Am Dent Assoc 1933; 20:379-427.
57. Gat H, Sarnat H, Bjorvatn K, Dayan D. Dental age evaluation. Clin Prevent Dent 1984; 6:18-22.
58. Haavikko K. Tooth formation age estimated on a few selected teeth: a simple method for clinical use. Proc Finn Dent Soc 1974; 70:15-9.
59. Filipsson R. A new method for assessment of dental maturity using the individual curve of erupted permanent teeth. Ann Hum Biol 1975; 2:13-24.
60. Demirjian A, Goldstein H, Tanner M. A new system of dental age assessment. Ann Hum Biol 1973; 45:211-27.

61. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Ann Hum Biol* 1976; 3:411-21.
62. Demirjian A, Levesque GY. Sexual differences in dental development and prediction of emergence. *J Dent Res* 1980; 60:1110-22.
63. Demirjian A, Buschang PH, Tanaguay R, Kingnorth P. Interrelationship among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod* 1985; 88:433-7.
64. Garn SM, Lewis AB. Relationship between the sequence of calcification of the mandibular molar and premolar teeth. *J Dent Res* 1956; 35:555-61.
65. Garn SM, Lewis AB. Relationship between the sequence of calcification and the sequence of eruption of the mandibular molar and premolar teeth. *J Dent Res* 1957; 36:992-5.
66. Garn SM, Lewis AB, Koski K, Polascheck DL. The sex difference in tooth calcification. *J Dent Res* 1958; 37:561-7.
67. Garn SM, Lewis AB, Polackeck DL. Variability of tooth formation. *J Dent Res* 1959; 38:135-48.
68. Lewis AB, Garn SM. The relationship between tooth formation and other maturational factors. *Angle Orthod* 1960; 70:70-7.
69. Knott VB, Meredith HV. Statistics on eruption of the permanent dentition from serial data for North American white children. *Angle Orthod* 1966; 36:68-79.
70. Grön AM. Prediction of tooth emergence. *J Dent Res* 1962; 41: 473-85.



71. Proy E, Sempé M, Ajacques JC. Etudes compare des maturations dentaires et squelettique chez des enfants et adolescents français. *Rev Orthop Dento Faciale* 1981; 15:309-20.
72. Gray SW, Lamons FP. Skeletal development and tooth eruption in Atlanta children. *Am J Orthod* 1959; 45:272-7.
73. Maj G, Bassani S, Menini G, Zannini O. Studies on the eruption of permanent teeth in children with normal occlusion and with malocclusion. *Rep Congr Eur Orthod Soc* 1964; 40:107-30.
74. Hurme VO. Ranges of normaly in the eruption of permanent teeth. *ASDC J Dent Child* 1949; 16:11-5.
75. Feasby WH. A radiographic study of dental eruption. *Am J Orthod* 1981; 80:557-60.
76. Sturdivan JE, Knott VB, Meredith HV. Interrelations from serial data for eruption of the permanent dentition. *Angle Orthod* 1962; 32:1-13.
77. Nanda RS. Eruption of human teeth. *Am J Orthod* 1960; 46:363-78.
78. Savara BS. Timing and sequence of eruption of permanent teeth in a longitudinal sample of children from Oregon. *J Am Dent Assoc* 1978; 97:209-14.
79. Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 1963; 42:1490-502.
80. Moorrees CF. Normal variation in dental development determined with reference to tooth eruption status. *J Dent Res* 1965; 44:161-73.

81. Moorrees CF, Gron AM, Le Bret LM, Yen PK, Fröhlich FJ. Growth studies of the dentition: a review. *Am J Orthod* 1969; 55:600-16.
82. Moorrees CF, Kent RL. Patterns of dental maturation. Monograph 7, The biology of occlusal development 1977; march: 25-41.
83. Moorrees CF, Le Bret LM. Changes in the natural dentition after second molar emergence. *Am J Orthod* 1980; 78:339-40.
84. Haavikko K. Correlation between the root resorption of deciduous teeth and the formation of the corresponding permanent teeth. *Proc Finn Dent Soc* 1973; 69:191-201.
85. Posen AL. The effect of premature loss of deciduous molars on premolar eruption. *Angle Orthod* 1965; 35:249-52.
86. Rönnerman A. The effect of early loss of primary molars on tooth eruption and space conditions a longitudinal study. *Acta Odontol Scand* 1977; 35:229-39.
87. Sleichter GG. The influence of premature loss of deciduous molars and the eruption of their successors. *Angle Orthod* 1963; 33:279-83.
88. Fanning EA. A longitudinal study of tooth formation and root resorption. *N Z Dent J* 1961; 57:202-17.
89. Fanning EA. Effect of extraction of deciduous molars on the formation and eruption of their successors. *Angle Orthod* 1962; 32:44-53.
90. Giles NB, Knott VB, Meredith HV. Increase in intraoral height of selected permanent teeth during the quadrennium following gingival emergence. *Angle Orthod* 1963; 33:195-206.

91. Filipsson R, Hall K. Correlation between dental maturity, height development and sexual maturation in normal girls. *Ann Human Biol* 1976; 3:205-10.
92. Filipsson R, Hall K, Lindsten J. Dental maturity as a measure of somatic development in children. *Adv Metab Disord* 1978; 9:425-51.
93. Tanner JM. The measurement of maturity. *Trans Eur Orthod Soc* 1975; 45-60.
94. Garn SM, Silvermann FN, Rohmann CG. A rational approach to the assessment of skeletal maturation. *Ann Radiol* 1964; 7:297-307.
95. Spier L. The growth of boys: dentition and stature. *Am J Anthropol* 1918; 20:37-48.
96. Salzmana JA. General growth acceleration and retardation in relation to dentofacial development. *Am J Orthod* 1954; 40:243-58.
97. Bambha JK, Van Natta P. A longitudinal study of occlusion and tooth eruption in relation to skeletal maturation. *Am J Orthod* 1959; 45:847-55.
98. Bambha JK, Denver MS. Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face and cranium in relation to body height. *J Am Dent Assoc* 1961; 63:776-99.
99. Anderson DL, Tompson GW, Popovich F. Interrelationship of dental maturity, skeletal maturity, height and weight from age 4 to 14 years. *Growth* 1975; 39:453-62.
100. Lamons FF, Gray SW. A study of the relationship between tooth eruption age, skeletal development age, and chronological age in sixty-one Atlanta children. *Am J Orthod* 1958; 44:687-91.

101. Hunt EE, Gleiser I. The estimation of age and sex of preadolescence children from bones and teeth. *Am J Phys Anthropol* 1955; 40:479-87.
102. Green U. The interrelationships among height, weight and chronological, dental and skeletal ages. *Angle Orthod* 1961; 31:189-93.
103. Chertkow S, Fatti P. The relationship between tooth mineralization and early radiographic evidence of the ulnar sesamoid. *Angle Orthod* 1979; 49:282-8.
104. Gupta DS. The relationship between skeletal maturation malocclusion, and dentition. *Aust Dent J* 1976; 21:217-20.
105. Lauterstein AM. A cross-sectional study in dental development and skeletal age. *J Am Dent Assoc* 1961; 62:161-7.
106. Chertkow T. Tooth mineralization as an indicator of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 1980; 77:79-91.
107. Hägg U, Taranger J. Dental emergence stages and the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand* 1981; 39:295-306.
108. Hägg U, Taranger J. Dental development assessed by tooth counts and its correlation to somatic development during puberty. *Eur J Orthod* 1984; 55-64.
109. Hägg U, Taranger J. Maturation indicator and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 1982; 299-309.
110. Hägg U, Taranger J. Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand* 1980; 38:179-86.
111. Hägg U, Taranger J. Dental maturity as an indicator of chronological age, the accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthod* 1985; 7:25-34.

112. Marshall D. Radiographic correlation of hand, wrist, and tooth development. *Dent Radiogr Photogr* 1976; 49:51-72.
113. Gat H, Sarnat H, Bjovatuk, Dayan D. Dental age evaluation. *Clin Preven Dent* 1984; 6:18-22.
114. Hotz R, Boulanger G, Weisshaupt H. Calcification time of permanent teeth in relation to chronological and skeletal age in children. *Helv Odont Acta* 1959; 3:4-9.
115. Aldona AM, Sapoka AA, Demirjian A. Dental development of the French Canadian child. *J Canad Dent Assoc* 1971; 37(3):100-4.
116. Schunk K, Kraus W, Boor R. The sonographic examination of the distal femoral epiphysis as a method of determining maturity of the newborn. *Rofo Fortschr Geb Röntgenstr Nuklearned* 1987; 146:623-7.
117. Paesano PL, Vigone MC, Siragusa V, Chiumello G, Del Maschio A, Mora S. Assessment of skeletal maturation in infants; comparison between two methods in hypothyroid patients. *Pediatr Radiol* 1998; 28:622-6.
118. Padrós E, Creus M. Revisión de los métodos para estudiar el crecimiento craneofacial en Ortodoncia. *Odontol Clin* 2002; 5:100-16.
119. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.
120. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM. Maduración ósea y predicción de talla adulta. Atlas y métodos numéricos. 1ra ed. Madrid: Diaz de Santos; 1991.

121. Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). 2nd ed. London: Academic Press; 1983.
122. Zachmann M, Frasier SD, McLaughlin J, Hurley L, Nessi P. Importance and accuracy of bone age ratings in a computerized growth evaluation system. *Horm Res* 1983; 18:160-7.
123. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, Narvaiza JL. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. *Pediatr Radiol* 1988; 18:484-9.
124. Langlade M. *Diagnostic Orthodontique*. 1st ed. París: Malone S.A. Éditeur; 1981.
125. Hotz R, Boulanger G, Weisshaupt H. Calcification time of permanent teeth in relation to chronological and skeletal age in children. *Helv. Odont.Acta.* 1959; 3: 4-9.
126. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod* 1967; 37:134-43.
127. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod* 1976; 60:611-9.
128. Helm S, Siersback-Nielsen S, Skiller V, Björk A. Skeletal maturation of the hand in relation to maximum puberal growth in body height. *Tandlaegebladet* 1971; 75:1223-34.
129. Sierra AM. Assessment of dental and skeletal maturity. A new approach. *Angle Orthod* 1987; 7:194-207.

130. Coutinho S, Buschang PH, Miranda F. Relationships between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993; 104:262-8.
131. San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Maduración dentaria como método para valorar el desarrollo del paciente. *Rev Esp Ortod* 2002; 32:233-9.
132. Knutsson F. Growth and differentiation of the postnatal vertebral. *Acta Radiol* 1961; 55:401-8.
133. Hirsch C, Schajowicz F, Galante J. Structural changes in the cervical spine. *Acta Orthop Scand Supl* 1967; 109:7-77.
134. Bench R. Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face, and denture behavior. *Am J Orthod* 1963; 3:183-214.
135. Lamparsky DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. Pittsburgh: University of Pittsburgh; 1972.
136. Taylor. Growth of human intervertebral discs and vertebral bodies. *J Anat* 1975; 1:49-68.
137. Sato K. A study of growth timing of mandibular length, body height, hand bones and cervical vertebrae during puberty. *Nippon Kyosei Shika Gakkai Zasshi*. 1987; 46:517-33.
138. Moscoso M, Tenorio Gonzales J, Patiño CA. Importanza dello studio della colonna cervicale sulla teleradiografia latero-laterale per la determinazione dell'età scheletrica. *Odontoiatria Oggi* 1987; 4:211-21.

139. O'Reilly MT, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae – A longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod* 1988; 58(2):179-84.
140. Caltabiano M, Leonardi R, Zaborra G. Valutazione delle vertebre cervicali per la determinazione dell'età scheletrica. *Riv Ital Odontoiatr Infant* 1990; 1(3):15-20.
141. Hellsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-, 11-, and 15- year old children. *Acta Odontol Scand* 1991; 49:207-13.
142. Vilar MT, Casas F, Serra L. Vértebras cervicales, radiología de la mano y ortopantomografía. Correlación entre desarrollo óseo, vertebral y tercer molar. *Ortod Esp* 1994; 35:226-40.
143. Brent BA, Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod* 1995; 107:58-66.
144. García-Fernandez P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod* 1998; 4:221-5.
145. Bujaldon-Daza JM, Rodríguez-Argaiz R, Bujaldon-Daza AL. Estudio preliminar sobre la validez del índice de maduración de las vértebras cervicales como herramienta diagnóstica para la planificación ortodóncica. *RCOE* 1998; 8:751-760.
146. Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assesement of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent* 1999; 1:47-52.
147. Franchi L, Bacetti T, McNamara JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000; 118:335-40.



148. Carreño Carreño E, Carreño García, Menéndez Núñez M. Estudio comparativo de la maduración esquelética mediante radiografía de mano y de vértebras cervicales. *Ort Esp* 2000; 40(3):125-37.
149. Hong-Po C, Chien-Hui L, Yi-Hsin Y, Hsin-Fu C, Kun-Chee C. Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. *J Med Sci* 2001; 17:29-31
150. Bacetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 2001; 5:343-50.
151. Bacetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved versión of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002; 4:316-23.
152. Rajagopal R, Sudhanshu K. A comparison of modified MP3 stages and the cervical vertebrae as growth indicators. *J Clin Orthod* 2002; 7:398-406.
153. San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Esqueletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod*. 2002; 24:303-11.
154. Toshinori Mito, Koshi Sato, Hideo Mitani. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 4: 380-5.
155. Madhu S, Hegde AM, Munshi AK. The development stages of the middle phalanx of the third finger (MP3): a sole indicator in assessing the skeletal maturity?. *J Clin Pediatr Dent* 2003; 2:149-56.
156. Barbería-Leache E, De Nova-García J. Maduración dentaria y determinación de la edad. En: Dirección General de Justicia. Conserjería de Justicia y Administraciones Públicas, editores. La determinación de la edad en detenidos

jóvenes indocumentados. Problemática actual y protocolo de valoración médico-forense. 1ra ed. Madrid: Comunidad de Madrid; 2002. p. 311-29.

157. Schwartz D. .Métodos Estadísticos para Médicos y Biólogos. 1era ed. Barcelona (ES): Editorial Herder; 1985.

158. Zar J. Biostatistical Análisis. 3th ed. New Jersey (NY): Prentice Hall; 1996.

159. Carrasco JL, Hernán MA. Estadística multivariante en las ciencias de la vida. Fundamentos, métodos y aplicación. 1er ed. Madrid: Editorial Ciencia; 1993.