



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Catálogo de osteología de la
columna vertebral:**
Evaluación osteométrica y morfológica
de las muestras esqueléticas del
Departamento de Morfología
Facultad de Medicina, Universidad
Nacional de Colombia

Realizado por:

Ever Beltrán Torralba

Facultad de Medicina, Departamento de Morfología Humana
Sede Bogotá D.C, Colombia
2020

**Catálogo de osteología de la
columna vertebral:**
Evaluación osteométrica y morfológica
de las muestras esqueléticas del
Departamento de Morfología
Facultad de Medicina, Universidad
Nacional de Colombia

Ever Beltrán Torralba

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Morfología Humana

Director (a):

Doctor: Jaime Alfonso Beltrán Guerra †

Codirector (a):

Doctora: Amalia Valcárcel García

Línea de Investigación:

Ciencias morfológicas, con énfasis en anatomía

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Morfología Humana
Bogotá D.C, Colombia

2020

A mi madre la señora Omaira Beltrán y a mis familiares más cercanos.

*A la memoria doctor Jaime Alfonso Beltrán Guerra † **(qepd)** quien se adelantó a la partida y ya no se encuentra presente, pero que siempre recordare con gran aprecio.*

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Evar Boltrán

Nombre

Fecha: 14/10/2020

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a el Dr Jaime Alfonso Beltrán Guerra quien aceptó voluntariamente ser mi director de tesis, a la Dra. Amalia Valcárcel García, mi codirectora. A los dos agradezco inmensamente su útil apoyo, supervisión, sugerencias y estímulo.

Mi gratitud al Dr. Luis Enrique Caro Henao, Dr. Carlos Arturo Florido Caicedo y a todo cuerpo docente del Departamento de Morfología, por su dedicación, enseñanzas y aliento durante este proceso.

Al personal de Laboratorio de Anatomía y Administrativo, especialmente al Sr. Otoniel Vargas Rodríguez, al Sr. José Joaquín Camargo Suárez, por su apoyo en la preparación y recogida de muestras para este trabajo. A Ingrid Calderón, por su paciencia y colaboración.

A mis compañeros, por su ayuda incondicional, por acompañarme a sortear cada obstáculo y por la experiencia de aprender juntos.

¡Mamá, estoy muy agradecido por tu amor, fe y compromiso, sé que tus oraciones fueron contribución y gran apoyo para lograr este título que es de gran importancia en mi formación profesional!

Resumen

CATÁLOGO DE OSTEOLÓGÍA DE LA COLUMNA VERTEBRAL:

Evaluación Osteométrica y Morfológica de las Muestras Esqueléticas del Departamento de Morfología

La necesidad de establecer índices osteológicos en columna vertebral ha puesto en práctica métodos osteométricos para estandarizar el dimorfismo en las diferentes regiones vertebrales. Aunque se han logrado avances en regiones específicas no existe suficiente información que integre toda la columna vertebral. OBJETIVO: desarrollar un catálogo de osteología en columna vertebral con datos osteométricos de las muestras esqueléticas vertebrales del departamento de Morfología. METODOLOGIA: incluyo la evaluación osteométrica y caracterización morfológica de 164 vertebras desarticuladas de las regiones cervical, torácica, lumbar y se excluyeron segmentos articulados, con restos de tejidos y segmentos de la región sacro-coccígea. Se midieron 20 parámetros utilizando un calibrador digital, goniómetro y adipómetro manual. Los parámetros fueron seleccionados arbitrariamente e incluyen: Diámetro Antero-Posterior C1; Diámetro Transverso C1; Altura medial masa lateral C1; Altura lateral masa lateral C1; Altura ventral de apófisis odontoides; Altura dorsal de apófisis odontoides; Diámetro Transversal máximo de las apófisis odontoides; Diámetro A-P máximo de apófisis odontoides; Altura ventral del cuerpo vertebral; Altura dorsal del cuerpo vertebral; Diámetro A-P medio del cuerpo vertebral; Diámetro transversal medio del cuerpo vertebral; Longitud del pedículo vertebral; Ángulo Transversal del pedículo vertebral; Ángulo Transversal de la lámina vertebral; Longitud de la lámina vertebral; Longitud de la apófisis espinosa; Longitud de la apófisis transversa; Diámetro Antero-posterior del foramen vertebral y Diámetro transversal del foramen vertebral. RESULTADO: Se entrega un Catálogo Digital, con las láminas de los diferentes segmentos en estudio; donde se incluye las técnicas de medición, resultados osteométricos y la descripción morfológica respectiva de cada vertebra.

Palabras clave: Osteometría, Morfología, Vértebras, Catálogo.

Abstract

Catalogue of osteology of the vertebral column:

Osteometric and morphological assessment of skeletal samples from the Department of Morphology

The need to establish osteological indices in the spine has implemented osteometric methods to standardize dimorphism in different vertebral regions. Although progress has been made in specific regions, there is not enough information to integrate the entire spine.

OBJECTIVE: to develop a catalogue of osteology in the spine with osteometric data from the vertebral skeletal samples of the Department of Morphology. **MATERIAL AND**

METHODS: include the osteometric evaluation and morphological characterization of 164 disarticulated vertebrae from the cervical, thoracic, lumbar regions and excluded articulated segments, with remains of tissues and segments of the sacral coccygeal region. 20 parameters were measured using a digital calibrator, goniometer and manual adipometer.

The parameters were arbitrarily selected and include: Antero-Posterior Diameter C1; Transverse Diameter C1; Medial height lateral mass C1; Lateral height lateral mass C1; Ventral height of odontoid process; Dorsal height of odontoid process; Maximum Transverse Diameter of odontoid process; Maximum A-P diameter of odontoid process; Ventral height of the vertebral body; Dorsal height of the vertebral body; Middle A-P diameter of the vertebral body; Middle transverse diameter of the vertebral body; Length of spinal pedicle; Transverse -angle of the vertebral pedicle; Transverse-angle of the vertebral lamina; Length of the vertebral lamina; Length of the spinous process; Length of the transverse process; Antero-posterior diameter of the vertebral foramen and transverse diameter of the vertebral foramen. **RESULTS:** A Digital Catalogue is delivered, with the sheets of the different segments under study; which includes measurement techniques, osteometric results and the respective morphological description of each vertebra.

Keywords: Osteometry, Morphology, Vertebrae, Catalogue.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XV
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XVI
Introducción	1
1. Capítulo 1: descripción del proyecto.....	3
1.1 Justificación en términos de necesidades y pertinencia de la investigación	3
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
2. Capítulo 2: marco teórico	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 Desarrollo embrionario de la columna vertebral.....	8
▪ Segmentación del mesénquima paraxial	8
▪ Somatogénesis.....	9
▪ Desarrollo del esclerotoma	11
2.2.2 Desarrollo de las vertebrae	12
▪ Centros de osificación vertebral.....	12
▪ Unión occipitocervical	13
▪ C3-7, vértebras cervicales tercera a séptima.	14
▪ Vértebras torácicas.....	15
▪ Vértebra lumbar	15
▪ Sacro	15
2.2.3 Descripción morfológica y funcional de la columna vertebral	16
▪ Generalidades	16
▪ Aspectos biomecánicos e implicación en la morfología de la columna vertebral	17
▪ Las curvaturas raquídeas	18
▪ Las divisiones funcionales del raquis	20
▪ Estructura de cuerpo vertebral.....	21
▪ El raquis cervical en conjunto	22

▪	Vertebras torácicas	27
▪	La vertebra dorsal tipo y la duodécima dorsal	30
▪	Constitución de las vértebras lumbares.....	32
▪	El raquis lumbar en conjunto	33
3.	Capítulo 3: diseño metodológico.....	39
3.1	Método.....	39
3.1.1	Diseño de estudio.....	39
3.1.2	Consideraciones éticas	39
3.1.3	Recolección de las muestras.....	40
3.1.4	Preparación de la muestra	41
3.1.5	Rotulación	41
3.1.6	Evaluación Osteométrica y Descripción Morfológica	41
3.1.7	Índices osteológicos.....	43
▪	Representación gráfica de las variables osteométricas seleccionadas y parámetros de medición.....	47
4.	Capítulo 4: resultados	61
4.1	Presentación de los resultados	61
4.1.1	Osteometría columna cervical alta: segmento vertebral C1 (atlas)	61
4.1.2	Osteometría columna cervical alta: segmento vertebral C2 (Axis)	62
4.1.3	Osteometría columna cervical baja: segmentos vertebrales C3-C7.....	63
4.1.4	Osteometría columna torácica T1-T12	66
4.1.5	Osteometría columna lumbar: segmentos L1-L5	71
4.1.6	Catálogo digital: osteometría de la columna vertebral	74
4.2	Análisis de los resultados y discusión	75
5.	Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones	77
5.1	Conclusiones	77
5.2	Recomendaciones	78
6.	Bibliografía.....	79

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Curvaturas de la columna vertebral -Vista lateral.....	19
Figura 2-2: Estructura del cuerpo vertebral lumbar -Dissección corte frontal.....	22
Figura 2-3: Estructura del cuerpo vertebral lumbar -Dissección corte sagital.....	23
Figura 2-4: Divisiones funcionales de la columna cervical.	24
Figura 2-5: Estructuras anatómicas de la vértebra cervical C2 -Vista lateral.	25
Figura 2-6: Estructuras anatómicas de la vértebra cervical C4 -Vista superior.	28
Figura 2-7: Estructuras anatómicas de la vértebra torácica T6 -Vista lateral.	30
Figura 2-8: Estructuras anatómicas de la vértebra torácica T12 -Vista lateral.....	32
Figura 2-9: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista anterior.....	34
Figura 2-10: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista superior.	35
Figura 2-11: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista posterior.	36
Figura 2-12: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista inferior.	37
Figura 2-13: Características anatómicas del raquis lumbar en conjunto.	38
Figura 3-2: Calibrador digital.	42
Figura 3-2: Goniómetro manual.	42
Figura 3-3: Adipómetro manual.	43
Figura 3-4: Parámetros relacionados a las masas laterales y procesos transversales de la vértebra cervical C1 -vista anterior.	47
Figura 3-5: Parámetros relacionados a las dimensiones y proyecciones de la vértebra cervical C1 -vista superior.	48
Figura 3-6: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo, proceso odontoide y proceso transversal de la vértebra cervical C2 -Vista anterior.	49
Figura 3-7: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo vertebral, proceso odontoide y lamina de la vértebra cervical C2 -Vista posterior.	50
Figura 3-8: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del foramen vertebral de la vértebra cervical C2 -vista superior.	51
Figura 3-9: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones odontoides de la vértebra cervical C2 -vista lateral derecha.	52
Figura 3-10: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de la superficie vertebral inferior de la vértebra cervical C2 -Vista inferior.....	53
Figura 3-11: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo vertebral y proceso transversal en un segmento vertebral de columna cervical baja -Vista anterior.	54

Figura 3-12: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de un segmento vertebral de columna cervical baja -Vista superior.....	55
Figura 3-13: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de lámina vertebral y proceso espinoso un segmento vertebral de columna cervical baja - Vista postero-lateral.	56
Figura 3-14: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de los componentes de una vértebra torácica típica -Vista lateral izquierda.	57
Figura 3-15: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de un segmento vertebral de columna lumbar -Vista superior.....	58
Figura 3-16: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de los componentes de una vértebra lumbar -Vista lateral izquierda.	59
Figura 3-17: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo vertebral en un segmento de columna lumbar - Vista anterior.....	60

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3-1: Relación de especímenes vertebrales seleccionados.	41
Tabla 3-2: Variables osteométricas seleccionadas.	44
Tabla 3-3: Variables osteométricas seleccionadas y parámetros de medición.	45
Tabla 4-1. Resultados de los parámetros medidos ¹ columna cervical alta: segmentos C1	62
Tabla 4-2. Resultados de los parámetros medidos ¹ columna cervical alta: segmentos C2.	64
Tabla 4-3 Resultados Específicos de los parámetros medidos ¹ columna cervical baja: segmentos C3-C7.	65
Tabla 4-4: Resultados de los parámetros medidos ¹ columna cervical baja: segmentos C3-C7.....	66
Tabla 4-5 Resultados Específicos de los parámetros medidos ¹ columna torácica: segmentos T1-T12	68
Tabla 4-6: Resultados de los parámetros medidos ¹ en columna torácica: segmentos T1- T12.....	71
Tabla 4-7: Resultados Específicos de los parámetros medidos ¹ columna Lumbar: segmentos L1-L5.....	72
Tabla 4-8: Resultados de los parámetros medidos ¹ en Columna Lumbar: segmentos L1- L5.....	74

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviación	Nombre
Ad-AO	Altura dorsal (altura posterior) de apófisis odontoides
Ad-CV	Altura dorsal (altura posterior) del cuerpo vertebral
Am-MLC1	Altura medial masa lateral C1
AL-MLC1	Altura lateral masa lateral C1
Av-AO	Altura ventral (altura anterior) de apófisis odontoides
AV-CV	Altura ventral (altura anterior) del cuerpo vertebral
Da-pC1	Diámetro Antero-Posterior C1
Da-pFV	Diámetro Antero-posterior del foramen vertebral
Da-Pao	Diámetro A-P (profundidad) máximo de apófisis odontoides
Da-pCV	Diámetro Antero-posterior medio (Profundidad) del cuerpo vertebral
Dt-AO	Diámetro transversal (ancho) máximo de las apófisis odontoides
Dt-C1	Diámetro Transverso C1
DtCV	Diámetro transversal medio (Ancho) del cuerpo vertebral
Dt-FV	Diámetro transversal del foramen vertebral
L-AE	Longitud (largo) de la apófisis espinosa
L-AT	Longitud (Largo) de la apófisis transversa
L-LV	Longitud (Largo) de la lámina vertebral
L-PV	Longitud (Largo) del pedículo vertebral
∠tLV	Ángulo Transversal de la lámina vertebral
∠tPV	Ángulo Transversal del pedículo vertebral

Introducción

“La columna vertebral es una parte crucial e individualmente diferente del esqueleto axial humano. Como mencionó Bohart (1929, pág. 698): ...la columna espinal de un individuo es tan característica de ese individuo como su rostro... “. (Jakobus Ruhli, 2003)

La estructura anatómica de la columna vertebral humana se ha estudiado a nivel macroscópico y microscópico durante muchos siglos utilizando modelos cadavéricos humanos y mediante tomografías computarizadas en pacientes. Se realiza osteometría directa o indirecta como método cuantitativo que se basa en la medición de distintas dimensiones vertebrales, para calcular los cambios relativos en una misma vertebra y de una vértebra a otra en las diferentes regiones de la columna vertebral. Con el fin de diferenciar entre la aparición de anomalías y las variaciones anatómicas es preciso realizar estudios detallados de la forma, tamaño normal y función, a nivel segmentario, regional y estructural.

Los datos osteométricos espinales se pueden utilizar para varios propósitos, por ejemplo, permiten estimar la estatura (Klein, 2014), ya que el tamaño, el peso y el volumen de la columna vertebral generalmente se correlacionan con la altura individual en humanos. Este trabajo pretende actualizar conocimiento y realizar aportes a la anatomía macroscópica de la columna vertebral. Además, los estudios morfométricos tridimensionales de la columna vertebral ósea contribuirán a definir estándares para orientar análisis matemáticos y biomecánicos durante aplicaciones clínicas particulares de la columna vertebral.

1. Capítulo 1: descripción del proyecto

1.1 Justificación en términos de necesidades y pertinencia de la investigación

La osteometría vertebral es un método cuantitativo que se basa en la medición de distintas dimensiones vertebrales, calculando los cambios relativos en una misma vertebra y de una vértebra a otra. Los datos osteométricos espinales se pueden utilizar para varios propósitos. Será un aporte como base de datos en la morfometría vertebral, en la medicina forense, especialmente en casos en que se han desmembrado, mutilado o descompuesto restos humanos. El sexo, la edad y la altura corporal aproximada del fallecido deben estimarse basándose en el cadáver. Esta aplicación práctica, resulta a menudo un poco difícil de realizar. Muchos métodos osteológicos no son aplicables si los esqueletos están incompletos o los huesos todavía están cubiertos de tejidos blandos, complicando así la recolección de medidas geométricas antropológicas.

Las características esqueléticas también son útiles para predecir la estatura de un esqueleto humano desmembrado o desarticulado. La estimación de la estatura juega un papel importante en la identificación de cuerpos, partes de cuerpos o restos óseos desconocidos. El uso de factores de conversión lineales para calcular la altura corporal a partir de mediciones de hueso único de los huesos largos está bien establecido, se ha utilizado comúnmente y ha dado buenos resultados. Especialmente los huesos largos de las extremidades inferiores han servido para este propósito (Klein, y otros, 2015).

Algunas estimaciones de estatura a partir de estudios osteométricos de huesos largos realizados por Rollet datan de 1888, según Celbis y Agritmis (2006), Rollet realizó la primera investigación seria sobre estimación de estatura a partir de estudios esqueléticos, midiendo huesos largos de 50 cadáveres masculinos y 50 femeninos. Didia et al (2009) han afirmado que también se han realizado intentos para estimar la estatura de otros

huesos, incluidos los metacarpianos (Meadows y Jantz, 1992), segmentos de vértebras cervicales, torácicas y lumbares (Jason y Taylor, 1995). (Okai, 2010)

Pocos investigadores han intentado estimar la estatura humana mediante el uso de osteometría vertebral. Por lo cual, no son totalmente claros los parámetros osteométricos de los segmentos vertebrales que proporcionan la información más confiable para la estimación de la estatura corporal. Algunos enfoques han usado ecuaciones de regresión para estimar la altura del cuerpo humano según la geometría de la columna vertebral. En particular, el método establecido por Fully et al. utilizaron alturas vertebrales. Raxter et al., posteriormente revisaron este método ampliamente reconocido, aclarando los procedimientos de medición, y demostrando que medir la altura máxima de las vértebras anterior a los pedículos y facetas da un mejor resultado que medir la altura de la línea media anterior. (Klein, y otros, 2015)

En un estudio reciente sobre la relación entre medidas antropométricas de vértebras lumbares y estatura, mediante la utilización de ecuaciones de regresión y geometría vertebral lumbar de tomografías computarizadas, A. Klein et al. (2015), determinaron la mayor correlación con una única medición vertebral, tomando la altura central del cuerpo vertebral de L2 como predictor; El error estándar (SE) de la estimación fue de 5,9 cm. El uso de modelos de exploraciones por TC pareció superior a los procedimientos invasivos actuales que utilizan mediciones directas del cuerpo vertebral, en términos de reproducibilidad y eficiencia de tiempo. Ellos determinan que para cuerpos humanos fragmentados no esqueletizados, es posible la predicción de la altura basada en un modelo totalmente virtual de las vértebras. Sin embargo, el coeficiente de regresión puede ser similar a las mediciones de calibrador clásico que resultan más fáciles si los huesos esqueletizados están disponibles.

Además, los estudios morfométricos de la columna vertebral ósea ayudan a definir estándares para aplicaciones clínicas, Panjabi et al. (1992) declaran que su estudio sobre la morfometría vertebral tridimensional es útil como "cianotipo", que puede aplicarse en cuestiones clínicas o en el análisis matemático de la columna vertebral. (Jakobus Ruhli, 2003)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un catálogo digital de anatomía ósea (osteología) de la columna vertebral humana; con las muestras esqueléticas vertebrales halladas en Anfiteatro del Departamento de Morfología, de la Universidad Nacional de Colombia. Esto se realizaría mediante la medición de variables osteométricas y caracterización morfológica de los diferentes niveles vertebrales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir variables osteométricas a medir en columna vertebral teniendo en cuenta su relevancia dentro del ámbito clínico, biomédico e investigativo.
- Describir las características anatómicas de los diferentes segmentos de la columna vertebral.
- Presentar de manera clara los principales parámetros de medición en osteometría de columna vertebral.
- Proporcionar datos osteométricos confiables de los diferentes segmentos de la columna vertebral.

2. Capítulo 2: marco teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

La estructura anatómica de la columna vertebral humana se ha estudiado a nivel macroscópico y microscópico durante muchos siglos. Para poder distinguir entre la aparición de anomalías y las variaciones anatómicas dentro de la columna vertebral humana, se debe realizar una evaluación precisa de la estructura y su tamaño normal. Esta evaluación se puede hacer por varios enfoques, ya sea utilizando modelos cadavéricos humanos donde se realizan medidas directas con calibradores digitales (Jakobus Ruhli, 2003), (M Patel & T C , 2011), (Yu, Bajwa, Toy, Ahn, & Ahn, 2014), (Tyagi & Kant Narayan, 2018), (Liu, Napolitano, & Ebraheim, 2010), (V, O, P, & S, 2014), (NADERI, y otros, 2006) (Fuat, Habibullah , Hakan, Ayhan , Aysun , & Atilla , 2006). Análisis mediante software computacional (Shankar , Tsewang, & Abhishek , 2010), (Mohamed A. , Adel , & Mohey E.E. , 2010), (Urrutia Vega, Elizondo Omaña, De la Garza Castro, & Guzmán López, 2009), (Zhuang, y otros, 2011).

La osteometría de las principales regiones de la columna vertebral ha sido ampliamente cubierta en los estudios de Panjabi et al. (1992), quienes, en función de su investigación morfométrica declaran que las siguientes zonas vertebrales son de naturaleza transicional: C2-C3, C6 / C7-Th1, Th1-Th4, Th10-Th12, L1-L3, L3-L5. (Jakobus Ruhli, 2003)

2.2 Bases teóricas

Un conocimiento preciso de las características anatómicas de la columna vertebral humana es crucial para comprender no solo sus funciones especiales, o sus antecedentes evolutivos específicos, sino también para comprender algunos problemas clínicos particulares.

2.2.1 Desarrollo embrionario de la columna vertebral

La segmentación, o metamerismo de los embriones de los vertebrados, consiste en la división del cuerpo en unidades que posteriormente se especializan regionalmente dando origen a diferentes tipos celulares (CD & D. , 2000). Los segmentos vertebrales y sus discos intervertebrales son resultado de esta división, estas estructuras se disponen secuencialmente permitiendo que se curve bajo la acción contráctil de los músculos asociados. Las somitas, como segmentos originales del cuerpo, son formados por la mesénquima paraxial que se encuentra lateral al tubo neural y a la notocorda en el embrión temprano. Y proporcionan las poblaciones de células embrionarias para el hueso y el músculo. Las vértebras se forman entre los segmentos corporales tempranos por la recombinación de porciones de las somitas del eje cráneo-caudal. Cada vértebra se desarrolla desde orígenes bilaterales hasta formar un centro en la línea media el cuerpo vertebral, dos arcos laterales que soportan procesos transversales se desarrollan en sentido lateral y dorsal a la médula espinal conocidos como pedículos, y una parte dorsal las láminas dirigidas en sentido postero-medial, fusionadas en la línea media para formar un proceso espinoso la apófisis espinosas vertebral. (Standring, 2008).

Estos componentes dan característica a cada vertebra, permitiendo su ubicación y clasificación morfológica en cada región de la columna vertebral.

▪ Segmentación del mesénquima paraxial

Las células epiblasticas que ingresan a través de la porción lateral del nodo primitivo y rostral a la línea primitiva llegan a comprometerse a un linaje somítico. Después de atravesar la línea primitiva, las células retienen el contacto con las láminas basales tanto epiblasto como hipoblasto y migran durante algún tiempo después de llegar a su destino. Las células forman poblaciones de mesénquima paraxial en cada lado de la notocorda, denominada mesénquima presomítica con o sin la presencia de tejido del tubo neural o tejido de nodo primitivo. Además de especificar el linaje somítico, la posición de ingreso del epiblasto informa el destino específico de las células. Así, aquellas células que ingresan a través de la porción lateral del nodo de primitivo forman las mitades mediales de las somitas, mientras que aquellas que ingresan a través de la línea primitiva caudal al nodo producen las mitades laterales de las somitas. Las dos mitades somíticas no parecen mezclarse. La segmentación de la mesénquima presomítica paraxial se produce como un proceso secuencial a lo largo del eje cráneo-caudal. En algunos embriones de amniotas

se forma un par de somitas cada 90 minutos hasta que se obtiene el número completo. La vía molecular para este reloj de segmentación sincrónica se ha identificado como un proceso en vertebrados conservado de peces a mamíferos y se basa en la producción rítmica de ARNm para la transcripción de genes relacionados con Nocth, un gran receptor transmembrana y varios ligandos transmembrana. (Standring, 2008)

Los pulsos de expresión de ARNm coordinados intrínsecamente aparecen como una onda dentro del mesénquima presomítico a medida que se forma cada somita. A medida que nuevas células ingresan en la mesénquima paraxial caudalmente, comienzan las fases de regulación positiva de los genes cíclicos seguidas de la regulación negativa de estos genes. Durante cada ciclo, la mesénquima presomítica más craneal, se segmentará para formar la siguiente somita. La determinación final de la formación de límites somáticos aún no se ha dilucidado por completo, pero parece requerir una mediación periódica de los genes de la vía Notch. Se cree que las células presomíticas de la mesénquima caudal se mantienen en un estado inmaduro por su producción de factor de crecimiento fibroblástico 8 (FGF8 por sus siglas en inglés). Las células se vuelven competentes para la segmentación cuando los niveles de FGF8 caen por debajo de un cierto umbral, entonces estarían en una aposición cercana a las células que se han segmentado (es decir, la siguiente somita craneal). (Standring, 2008)

▪ **Somatogénesis**

Las somitas se forman como resultado de una interacción compleja de procesos que tienen lugar en el embrión vertebrado temprano. La formación secuencial de un patrón periódico a lo largo del eje antero-posterior de embriones de vertebrados o somitogénesis es un proceso en el que se pueden identificar cinco etapas principales; en un orden de progresión cráneo-caudal se desarrollan de la siguiente manera: 1; compactación, 2; epitelización, 3; formación del esclerotoma, 4; proliferación y expansión del esclerotoma y 5; formación del miotoma epaxial. La diferenciación adicional de las células dentro de estos segmentos somíticos conduce a la formación de vértebras, costillas y otras características asociadas de la musculatura vertebral. (R.E. , S. , & P.K. , 2014).

Una vez que se han definido los límites somíticos, se produce una transición mesenquimal epitelial de las paredes ventral y ventromedial de la somita para formar el esclerótomo. Esto es seguido por el movimiento bilateral de estas poblaciones de mesénquima ventral y medial alrededor de la notocorda y el tubo neural. La etapa final es la formación de la

placa epitelial de la somita, también llamada dermomiótoma, a partir del epitelio somítico restante. (Standring, 2008)

El aparato de Golgi, la actina y la alfa actina se encuentran en la región apical de las células somitiales epiteliales. Los cilios se desarrollan en la superficie libre. Las células están unidas por uniones estrechas. La superficie basal descansa sobre una lámina basal que contiene colágeno, laminina, fibronectina y citotactina. Los procesos de las células somíticas pasan a través de estas láminas basales del tubo neural y la notocorda. La somita epitelial experimenta un rápido desarrollo. Las células de la pared ventromedial que estaban en contacto con el tubo neural se someten a una transformación mesénquima/epitelial y se separan. Las células mesénquimales recién formadas de la somita ahora se denominan placa epitelial de la somita (o dermomiótoma). Este epitelio es proliferativo; produce las líneas celulares que darán lugar a (casi) todos los músculos estriados del cuerpo. (Standring, 2008)

La masa principal del esclerótomo se denomina esclerótomo central, la porción cercana a la notocorda se denomina esclerótomo ventral, y las porciones adyacentes al dermomiótoma se denominan esclerótomo dorsal y esclerótomo lateral. El esclerótomo central que permanece cerca del dermomiótoma; dará lugar a los pedículos y partes ventrales de los arcos neurales y las costillas proximales. Las células esclerotomales ventrales, que siempre fueron laterales a la notocorda, proliferan hasta la forma y la población de células axiales en la matriz extracelular del espacio perinotocordal, ahora denominada la vaina perinotocordal. Las células esclerotomales dorsales se desarrollan relativamente tarde e invaden el espacio entre el ectodermo de superficie y el tubo neural en crecimiento y forman la parte dorsal de los arcos neurales. Las células del esclerótomo lateral dan lugar a costillas distales y células endoteliales de los vasos sanguíneos. En general, hay una expansión dorsolateral de todo el esclerótomo en lugar de la migración medial de una población de células esclerotomales. Las células esclerotómicas también dan lugar a las meninges que rodean la médula espinal, los tendones locales y los ligamentos. Las células del somitocelo que permanecen mesenquimales a lo largo de la formación somítica dan lugar a las articulaciones vertebrales, discos intervertebrales y las costillas proximales. (Standring, 2008)

▪ **Desarrollo del esclerotoma**

Las poblaciones esclerotómicas se forman a partir de la mitad ventral de la somita epitelial. Un límite intra-segmental que inicialmente se rellena con matriz extracelular y unas pocas células aparecen dentro del esclerótomo y lo divide en mitades caudales craneales, densamente compactas. La placa epitelial y más tarde el dermomiótoma, abarca los dos medios esclerotomas. Las poblaciones de células esclerotomales bilaterales migran hacia la notocorda y la rodean en la forma de vaina perinotocordal. Se someten a una interacción mediada por matriz con la notocorda, diferenciándose condrogenéticamente para formar el precursor cartilaginoso del centro vertebral. La vaina perinotocordal expresa de forma transitoria el colágeno de tipo II, se cree que esto inicia la expresión del colágeno tipo II, y luego un destino condrogénico en aquellas células mesenquimáticas que lo contactan. Cada vértebra está formada por la combinación de gran parte de la mitad caudal de un par bilateral de esclerotomos. Su fusión alrededor de la notocorda produce el centro blastemal de la vértebra. La mesénquima adyacente a la fisura esclerotómica intersegmentaria ahora aumenta enormemente en densidad para formar un disco pericordal bien definido que interviene entre la parte central de dos vértebras adyacentes y es el futuro anillo fibroso de la sínfisis intervertebral. (Standring, 2008) El patrón básico de una vértebra típica se inicia con esta recombinación de las mitades del esclerótomo craneal y caudal, seguido por el crecimiento diferencial y la escultura de la mesénquima esclerotomal en el que se encuentra el tubo notocordal y neural. El centro encierra la notocorda y se encuentra ventral al tubo neural. La condensación de la mesénquima esclerotomal alrededor de la notocorda y los procesos neuronales derecho e izquierdo se puede ver en la etapa 15 de embriones humanos. Los procesos neuronales se curvan para encerrar el tubo neural y extenderse a los ángulos dorsolaterales del centro. El arco neural consiste en pedículos bilaterales emparejados (ventrolateralmente) y láminas (dorsolateralmente) que se unen en la línea medular dorsal al tubo neural para formar el proceso espinoso. (Standring, 2008) En cada lado, tres procesos adicionales se proyectan de manera craneal, caudal y lateral desde la unión del pedículo y las láminas. Las proyecciones craneales y caudales son los procesos articulares blastemales (cigapofisarios) que se vuelven contiguos a los procesos recíprocos de vértebras adyacentes; Las zonas de unión marcan el futuro de las articulaciones cigapofisarias o interfacetarias. Las proyecciones laterales son los verdaderos procesos transversales vertebrales. Los procesos costales bilaterales (las costillas) crecen anterolateralmente desde la parte ventral de los pedículos, desde el disco

pericordal vecino y en la mayoría de los niveles torácicos, con accesiones de los siguientes pedículos caudales adyacentes. El cuerpo vertebral definitivo se forma a partir de un centro mediano derivado de las células de la vaina peri-notocordal y bilateralmente de los extremos del pedículo expandido derivado de las poblaciones esclerotomales migratorias. Estas porciones del cuerpo vertebral se fusionan con las sincondrosis neurocentral. La naturaleza segmentaria de las vértebras es promovida por la notocorda, que indujo los elementos ventrales de las vértebras y reprime las estructuras dorsales. La escisión de la notocorda en embriones tempranos da como resultado la fusión de los centros y la formación de una placa cartilaginosa ventral al tubo neural. La segmentación dorsal está influenciada por los ganglios de las raíces posteriores de los nervios raquídeos; la extirpación experimental de los ganglios produce la fusión de los arcos neurales y la formación de una placa cartilaginosa uniforme dorsal al tubo neural. (Standring, 2008)

2.2.2 Desarrollo de las vértebras

Los momentos iniciales de las células esclerotómicas alrededor del tubo neural y la expresión del colágeno tipo II señalan la etapa de blástula del desarrollo vertebral. La condricificación comienza en el período 17, (iniciación del estado cartilaginoso). Cada centro condricifica a partir de un cartílago primordial. Cada mitad de un arco neural se condricifica desde un centro que comienza en su base y se extiende dorsalmente hacia las láminas y ventralmente hacia los pedículos, para encontrarse, expandirse y mezclarse con el centro. En la etapa 23 hay 33 o 34 vértebras cartilaginosas, pero los procesos espinosos aún no se han desarrollado, por lo que la apariencia general es de espina bífida oculta total. La fusión de las espinas no se produce hasta los cuatro meses. Los procesos transversales y articulares están condicionados en continuidad con el arco neural. Las zonas de intervención de la mesénquima que no se convierten en cartílago marcan los sitios de las articulaciones facetarias y el complejo de las articulaciones costovertebrales, donde aparecen las cavidades sinoviales. (Standring, 2008)

■ Centros de osificación vertebral

Primarios: Una vértebra típica se osifica a partir de tres centros primarios, uno en cada mitad del arco vertebral y el otro en el centro. Los centros en los arcos aparecen en las raíces de los procesos transversales, y la osificación se extiende hacia atrás en las láminas y procesos espinosos, hacia adelante en los pedículos y partes posterolaterales del cuerpo,

lateralmente en procesos transversales y hacia arriba y hacia abajo en procesos articulares. Se dice que los centros clásicos en los arcos vertebrales aparecen primero en las vértebras cervicales superiores en la novena semana, y luego en las vértebras sucesivamente inferiores, alcanzando niveles lumbares más bajos en la semana 12. Sin embargo, en un estudio radiográfico de fetos humanos sin sexo, se observó un patrón que difería de un simple flujo craneo-caudal. Durante el primer año, los arcos se unen detrás, primero en la región lumbar y luego en toda la región torácica y cervical. En las vértebras cervicales típicas superiores, los centros se unen y se arquean alrededor del tercer año, pero en las vértebras lumbares inferiores, la unión no se completa hasta el sexto año. Las superficies superior e inferior de los cuerpos y ápices de los procesos transversos y espinosos son cartilaginosas hasta la pubertad, momento en el que aparecen cinco centros secundarios, uno en el ápice de cada proceso transversos y espinoso y dos epífisis anulares (apófisis en anillo) para las partes circunferenciales de las superficies superiores e inferiores del cuerpo. Las facetas articulares costales son extensiones de las epífisis anulares. Se fusionan con el resto del hueso a los 25 años aproximadamente. (Standing, 2008)

Secundarios: Existen dos centros secundarios en los procesos espinosos cervicales bífidos. Las vértebras se especifican en cuanto a la región muy temprano en el desarrollo.

▪ **Unión occipitocervical**

En los seres humanos, la unión entre la cabeza y el cuello denominada occipito-cervical, craneo-vertebral o espino-medular se ubica en el límite entre el cuarto y quinto somita. El primer somita occipital desaparece temprano y los tres caudales se fusionan. Los esclerotomas occipitales 3 y 4 son los más distintos en la etapa 14, momento en que los tres primeros esclerotomas se han fusionado. Las vértebras se forman a partir de la quinta parte de la cabeza; la primera vértebra cervical está formada por la mitad caudal de la somita 4 occipital y la mitad craneal del somita cervical. Este cambio de número somita y número vertebral explica la producción de siete vértebras cervicales a partir de ocho somitas cervicales. El patrón segmentario presente en las somitas cervicales se puede ver rostralmente en la base del cráneo en desarrollo, donde son evidentes las condensaciones mesenquimatosas equivalentes a los centros de las somitas occipitales 2, 3 y 4. El esclerótomo occipital 4 forma un centro incompleto axialmente y elementos exoccipitales lateralmente, que se consideran correspondientes a los arcos neurales, forman el borde

del foramen magnum. Los cóndilos occipitales se desarrollan a partir de la primera somita cervical.

En la región de la unión occipito-cervical, los centros formados a partir de los esclerotomas 5, 6 y 7 tienen un destino diferente de los más caudalmente ubicados. Las porciones laterales de estos esclerotomos generalmente se desarrollan de manera similar a las de los más bajos. En un estudio de segmentación occipito-cervical en embriones humanos, Muller, O, Rahilly designó los tres centros rostrales completos que se desarrollan en la región atlanto-axial X, Y y Z. Observaron que la altura del complejo X-Y-Z es igual a la de tres centros en otra parte. X está en el nivel del esclerótomo 5, e Y y Z están alineados con el esclerótomo 6 y la porción menos densa del esclerótomo 7. Durante la etapa 17, un disco intervertebral temporal aparece de forma periférica entre Y y Z. Comienza a desaparecer en la etapa 21, aunque se pueden encontrar restos en el adulto. Ningún disco se desarrolla entre X y Y. (Standring, 2008)

El origen del arco anterior del atlas no está claro. Es evidente en las etapas 21-23 a nivel de X o, a veces, entre X y Y. El arco posterior del atlas surge del área densa del esclerótomo 5 a nivel de X. El complejo X-Y-Z pertenece al eje, lo que significa que el atlas sí incorpora una parte de la columna central. El arco posterior del eje surge del área densa del esclerótoma 6 y está en el nivel de Y y Z, particularmente Z, X-Y-Z corresponde a las tres partes de la columna media del axis, donde X representa el extremo del diente y Z representa el centro del axis. Esta última se diferencia de otras vértebras cervicales en que es más gruesa y cuadrada. (Standring, 2008)

El desarrollo de la columna cervical, particularmente las vértebras cervicales superiores, está estrechamente relacionado con el desarrollo del basi-occipucio y el exo-occipucio.

▪ **C3-7, vértebras cervicales tercera a séptima.**

En las vértebras cervicales 3 a 7, el proceso transversal es dorsomedial al foramen transversal. El proceso costal, que corresponde a la cabeza, el cuello y el tubérculo de una costilla, limita el foramen ventro-lateral y dorso-lateralmente. Las partes distales de estos procesos costales cervicales normalmente no se desarrollan; lo hacen ocasionalmente en el caso de la séptima vértebra cervical, e incluso pueden desarrollar articulaciones costovertebrales. La séptima vértebra cervical tiene una forma de transición entre las

vértebras cervical y torácica. Las láminas son más largas que otras vértebras cervicales en el neonato y se encuentran casi perpendiculares al plano basal; Las facetas articulares inferiores son más verticales y se parecen a las vértebras torácicas; en la vista lateral, las facetas articulares superiores se extienden transversalmente a la parte superior de los procesos transversales. (Standring, 2008)

■ **Vértebras torácicas**

En la etapa 23, los procesos neurales de las vértebras torácicas son cortos, ligeramente bifurcados y unidos por fibras de colágeno. El proceso transversal es prominente. Las tres facetas para la articulación con las costillas en las articulaciones costovertebrales y costotransversas están presentes. Las sincondrosis neurocentral torácica y las posteriores no están fusionadas en el neonato: las sincondrosis posterior se cierran dentro de los 2 a 3 meses del desarrollo posnatal y las sincondrosis neurocentral están abiertas hasta los 5 a 6 años. (Standring, 2008)

En general, la columna torácica se desarrolla por delante de la columna cervical y lumbar. Sin embargo, hacia el final del segundo mes, la osificación comienza en las vértebras cartilaginosas en una progresión craneocaudal.

■ **Vértebra lumbar**

Los procesos costales no se desarrollan distalmente en las vértebras lumbares. Las partes proximales se convierten en los "procesos transversales", mientras que los procesos transversales morfológicamente pueden ser representados por el proceso accesorio (procesos mamilares) de las vértebras. Ocasionalmente, las costillas móviles pueden desarrollarse en asociación con la primera vértebra lumbar. (Standring, 2008)

Los discos intervertebrales lumbares son más gruesos que los discos torácicos. En la etapa 23, el anillo fibroso se puede ver en la parte periférica, e internamente las células notocordales se expanden para formar el núcleo pulposo.

■ **Sacro**

Las vértebras sacras tienen una zona central inferior y son más estrechas en general de lado a lado que sus contrapartes torácicas y lumbares. Cada vértebra sacra está

compuesta por un centro y procesos neuronales bilaterales. O "Rahilly et al (1990), estudiaron la contribución de los procesos costales al desarrollo sacro. Estos autores dividieron el área de unión neurocentral en dos partes, anterolateral o alar, y posterolateral. Consideraron que el elemento alar en la vértebra sacra 1 era novedoso, ya que está ausente en la vértebra lumbar 5. Este punto de vista es compatible si se utiliza el curso de las ramas dorsales de los nervios espinales para distinguir los elementos costales ventralmente de los elementos transversales dorsalmente. Los elementos alares de S1 y S2 forman la superficie auricular del sacro. En la etapa 23, las vértebras cartilaginosas sacras se han unido y se puede reconocer el contorno del hueso futuro. Los pedículos y láminas individuales son muy pequeños y se pueden detectar en S3 y S5. (Standring, 2008)

La osificación de la columna vertebral se desarrolla en una dirección craneocaudal. Después de 16 semanas ha progresado a L5. La osificación de cada vértebra adicional ocurre durante un período de 2 a 3 semanas; S2 se ha osificado por 22 semanas.

2.2.3 Descripción morfológica y funcional de la columna vertebral

▪ Generalidades

Las vértebras y los discos intervertebrales forman en conjunto la columna vertebral. Y esta a su vez junto a los huesos del cráneo, las costillas y el esternón forma el esqueleto axial. La columna vertebral se extiende desde el cráneo hasta el vértice del cóccix. En el adulto tiene una longitud de 72-75 centímetros; aproximadamente una cuarta parte de esa longitud está formada por los discos intervertebrales que separan y conectan las vértebras entre sí. La columna vertebral:

- Protege la medula y los nervios espinales.
- Soporta el peso del cuerpo sobre el nivel de la pelvis.
- Proporcionan un eje parcialmente rígido y flexible, para el cuerpo; y una base sobre la cual se sitúa y gira la cabeza.
- Desempeña un importante papel en la postura y la locomoción.

La columna del adulto consta típicamente de 33 vertebras, distribuidas en 5 regiones: 7 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares, 5 sacras y 4-5 coccígeas. Solamente se producen movimientos significativos entre las 25 vertebras superiores. De las 9 vertebras inferiores, las 5 vertebras sacras están fusionadas en el adulto para formar el sacro, y después de

los 30 años aproximadamente, las 4 vértebras coccígeas se fisianan para constituir el cóccix. Las vértebras aumentan gradualmente en sentido céfalo-caudal, hasta el sacro, y luego dicho tamaño va disminuyendo progresivamente hacia el extremo del cóccix. Las primeras 25 vértebras incluidas; 7 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares y la primera sacra, se unen mediante las articulaciones cigapofisiarias sinoviales, que facilitan y controlan la flexibilidad de la columna vertebral. Aunque la movilidad entre dos vértebras adyacentes es escasa, al sumarse la movilidad de cada vértebra adyacente, se forma una columna vertebral flexible, aunque rígida para soportar, transmitir cargas y proteger la medula espinal a la que aloja. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

La columna vertebral como estructura conjunta presenta cuatro caras: una anterior, una posterior y dos laterales; derecha e izquierda respectivamente. La cara o aspecto anterior está representada por las superficies anteriores de los cuerpos vertebrales y discos intervertebrales; la cara lateral está formada por la superficie lateral de cuerpos vertebrales y discos intervertebrales, el agujero de conjunción formado por la escotadura superior e inferior de dos pedículos adyacentes, las articulaciones cigapofisiarias y las apófisis transversas; la cara posterior se constituye por la superficie posterior de las láminas vertebrales y su intersección la apófisis espinosa.

▪ Aspectos biomecánicos e implicación en la morfología de la columna vertebral

La columna vertebral está influenciada externamente por factores biomecánicos y ambientales e internamente por factores genéticos, metabólicos y hormonales. Todos estos factores alteran la capacidad de la columna para reaccionar adecuadamente a las cargas dinámicas que se expone diariamente. Influenciadas por la ocupación, locomoción y postura. (Standring, 2008)

La columna forma el pilar central del cuerpo humano. En efecto, en la región dorsal el raquis se aproxima al plano posterior y se halla situado en la cuarta parte del espesor del tórax, en la región cervical el raquis es más central y está situado en el tercio del espesor del cuello. (ver figura 2-1, página 17) Mientras que, en la región lumbar, el raquis es verdaderamente central, puesto que está situado en la mitad del espesor del tronco. Esta diferencia de situaciones se explica por razones que varían según la región. En la porción cervical, el raquis soporta el cráneo y debe estar situado lo más cerca posible del centro

de gravedad de este. En su porción torácica, el raquis es desplazado hacia atrás por los órganos del mediastino, especialmente por el corazón. En cambio, en el raquis lumbar, el raquis, que soporta entonces el peso de toda la parte superior del tronco, recupera una posición central, haciendo prominencia en la cavidad abdominal.

La ubicación de la columna vertebral con respecto a la línea de gravedad y la ubicación secuencial de los segmentos vertebrales en sentido céfalo-caudal; genera cambios morfológicos en sus componentes. Estos cambios entre los que sobresale el aumento de tamaño en los cuerpos vertebrales se dan en respuesta al aumento de carga que resisten los diferentes segmentos a medida que se desciende en la columna vertebral. Luego de S1-2 cuando las cargas se transmiten a través de la articulación sacro-ilíaca a la cintura pélvica; las vértebras disminuyen de tamaño considerablemente, debido a la disminución de cargas actuando sobre sus estructuras.

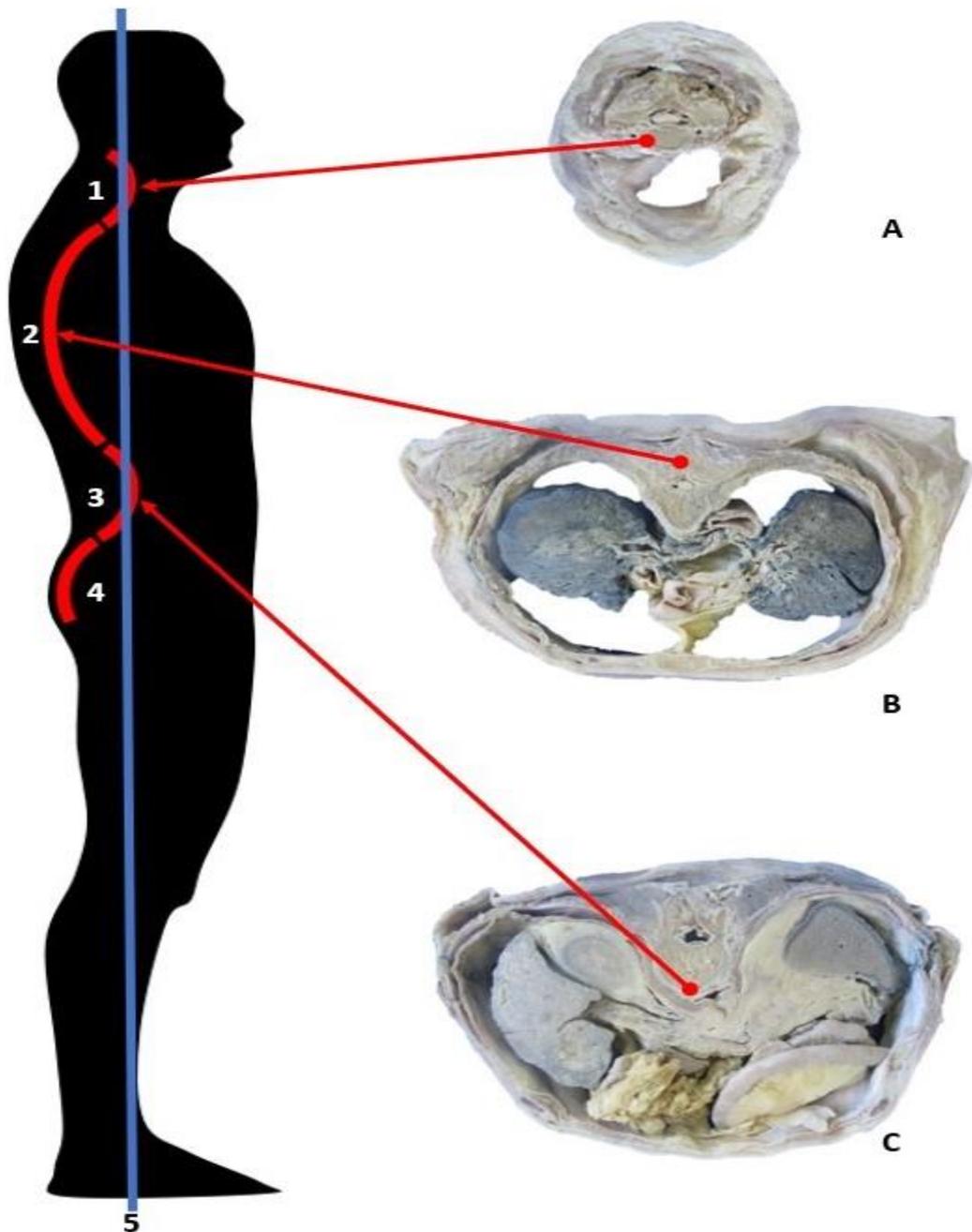
▪ **Las curvaturas raquídeas**

Clásicamente podemos dividir las curvaturas de la columna vertebral como primaria o secundaria según su aparición o como embrionarias, neonatales y adultas según la etapa de vida.

Dentro de las curvaturas embrionarias la posición fetal determina una curvatura primaria caracterizada por una cifosis que imprime un aspecto de flexión a toda la columna vertebral; de concavidad anterior y convexidad posterior, esta curvatura persiste a nivel torácico y sacro-coccígeo. Con el desarrollo y activación de músculos funcionales se generan dos curvaturas secundarias la lordosis cervical y lumbar, orientadas en un plano sagital con un aspecto anterior convexo y posterior cóncavo; la lordosis cervical aparece hacia la semana 8 y 23 del periodo embrionario por la acción de músculos extensores de cuello, para este mismo periodo se puede identificar un aplanamiento de la columna lumbar; estas curvaturas secundarias se acentúan en el periodo postnatal.

En el neonato donde predomina la posición fetal; la columna vertebral se torna flexible es decir no se especifica una curvatura "fija", a partir de los 2 a 3 meses cuando se adquiere

Figura 2-1: Curvaturas de la columna vertebral -Vista lateral.



Fuente: elaboración propia. Fotografía de cortes transversales anatómicos INDIVIDUO #2. Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. 1 Lordosis cervical, 2 Cifosis torácica, 3 Lordosis lumbar, 4 Cifosis sacra con relación a 5 Línea de gravedad. Note la posición de los cuerpos vertebrales referente al espesor de cuello A, tórax B y abdomen C.

control cefálico se acentúa la lordosis cervical, alrededor de los 9 meses cuando se mantiene un sedente y entre los 12 a 15 meses cuando comienza la marcha, por efecto de la acción muscular y soporte de cargas la lordosis lumbar se hace más evidente. (Standring, 2008)

La presencia de curvaturas raquídeas aumenta la resistencia del raquis a las fuerzas de compresión axial. Una columna con tres curvaturas móviles, como la columna vertebral con su lordosis lumbar, su cifosis torácica y su lordosis cervical, tiene una resistencia diez veces mayor a la de la columna rectilínea.

▪ **Las divisiones funcionales del raquis**

En una vista lateral del raquis pueden distinguirse fácilmente las diferentes divisiones funcionales. Por delante se sitúa el pilar anterior compuesto por el cuerpo vertebral y estructuras fibrocartilaginosas, que desempeña especialmente un papel de soporte. Por detrás, el pilar posterior, en el que se sitúan, como ya hemos visto las columnillas de las apófisis articulares, apoyadas en el arco posterior. En tanto que el pilar anterior tiene un papel estático, el pilar posterior desempeña un papel dinámico.

En sentido vertical, la disposición alterna de las piezas óseas y de los elementos de unión ligamentosa permite distinguir, un segmento pasivo constituido por la vértebra misma, y un segmento motor. Este segmento motor comprende de delante a atrás: el disco intervertebral, el orificio de conjunción, las articulaciones interapofisiarias y, por último, el ligamento amarillo y el interespinoso. La movilidad a nivel de este segmento motor es responsable de los movimientos de la columna vertebral.

Existe una relación funcional entre el pilar anterior y posterior que está asegurada por los pedículos vertebrales. Si consideramos la estructura trabecular de los cuerpos vertebrales y de los arcos posteriores, cabe asimilar cada vertebra a una palanca de primer grado llamada "inter-apoyo", en la que la articulación inter-apofisiaria desempeña el papel de punto de apoyo. Este sistema de palanca permite amortiguar las fuerzas de compresión axial sobre la columna vertebral: amortiguamiento directo y pasivo a nivel del disco intervertebral, amortiguamiento directo y activo a nivel de los músculos de los canales vertebrales, esto a través de las palancas que forma cada arco posterior. El amortiguamiento de estas fuerzas es a la vez pasivo y activo. (A. I. , 2012)

▪ Estructura de cuerpo vertebral

Las vértebras varían en su tamaño y otras características de una región de la columna vertebral a otra, y en menor grado dentro de cada región, aunque su estructura básica es la misma. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

El cuerpo vertebral tiene la estructura de un hueso corto; es decir, una estructura en cascara con una cortical de hueso denso que rodea al tejido esponjoso. La cortical de la cara superior y de la cara inferior del cuerpo vertebral se denomina cara vertebral. Esta es más espesa en su centro, donde se halla una opción cartilaginosa. La periferia forma un reborde, el rodete marginal. Este rodete procede del punto de osificación epifisiario, que tiene la forma de un anillo y se suelda al resto del cuerpo hacia la edad de los catorce o quince años. Los trastornos de osificación de este núcleo epifisiario constituyen la epífisis vertebral o enfermedad de Schauer mann. En un corte frontal del cuerpo vertebral como se muestra en la figura 2-2 (página 20), se distinguen claramente a cada lado, espesas corticales; arriba y abajo, la cara vertebral cubierta por una capa cartilaginosa y, en centro del cuerpo vertebral, trabéculas de hueso esponjoso que se reparten siguiendo líneas de fuerza. Estas líneas son verticales y unen la cara superior y la inferior, u horizontales, que unen las dos corticales laterales, o también oblicuas, que unen la cara inferior a las corticales laterales. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

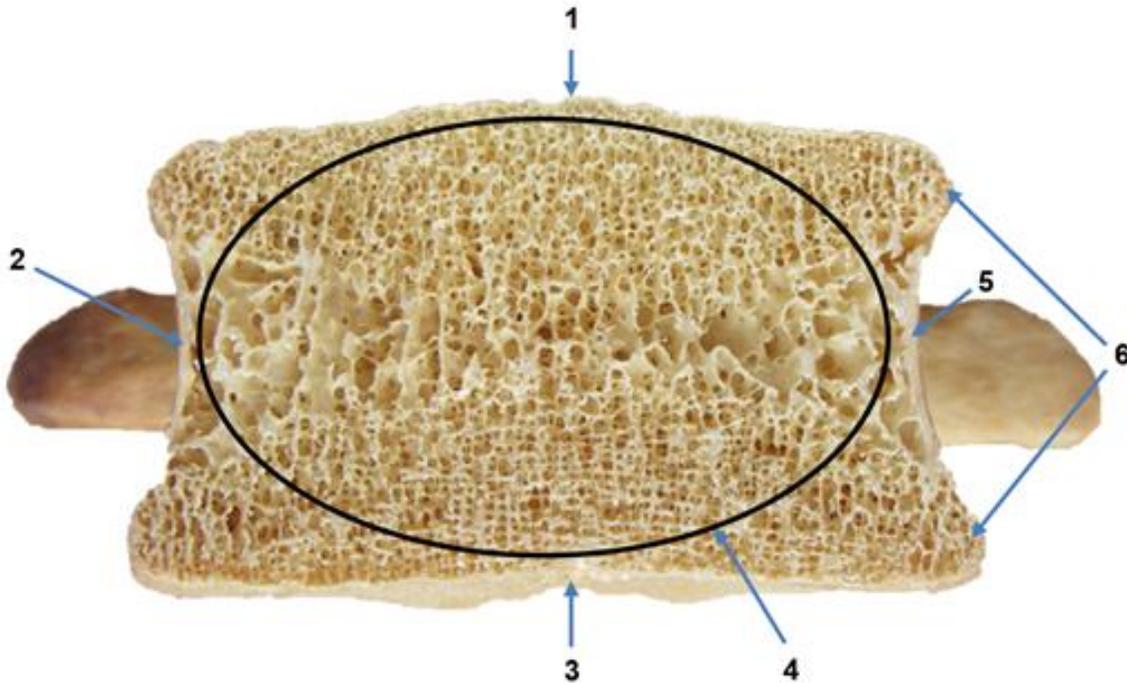
En un corte sagital como se muestra en la figura 2-3 (página 21) aparecen de nuevo dichas trabéculas verticales, pero hay además dos sistemas de fibras oblicuas llamadas fibras en abanico. Por una parte, un abanico que parte de la cara superior, para extenderse a través de los dos pedículos hacia la apófisis articular de cada lado, y a las apófisis espinosas. Por otra parte, un abanico que parte de la cara inferior para repartirse a través de los pedículos hacia las dos apófisis articulares inferiores y a la apófisis espinosa.

El entrecruzamiento de estos tres sistemas trabeculares establece puntos de fuerte resistencia, pero también un punto de menor resistencia, en particular un triángulo de base anterior en el que solo existen trabéculas verticales. (A. I. , 2012).

▪ El raquis cervical en conjunto

Considerando en conjunto, el raquis cervical está constituido por dos regiones anatómicas y funcionalmente distintas (ver figura : El raquis cervical superior, llamado también raquis suboccipital,

Figura 2-2: Estructura del cuerpo vertebral lumbar -Dissección corte frontal.

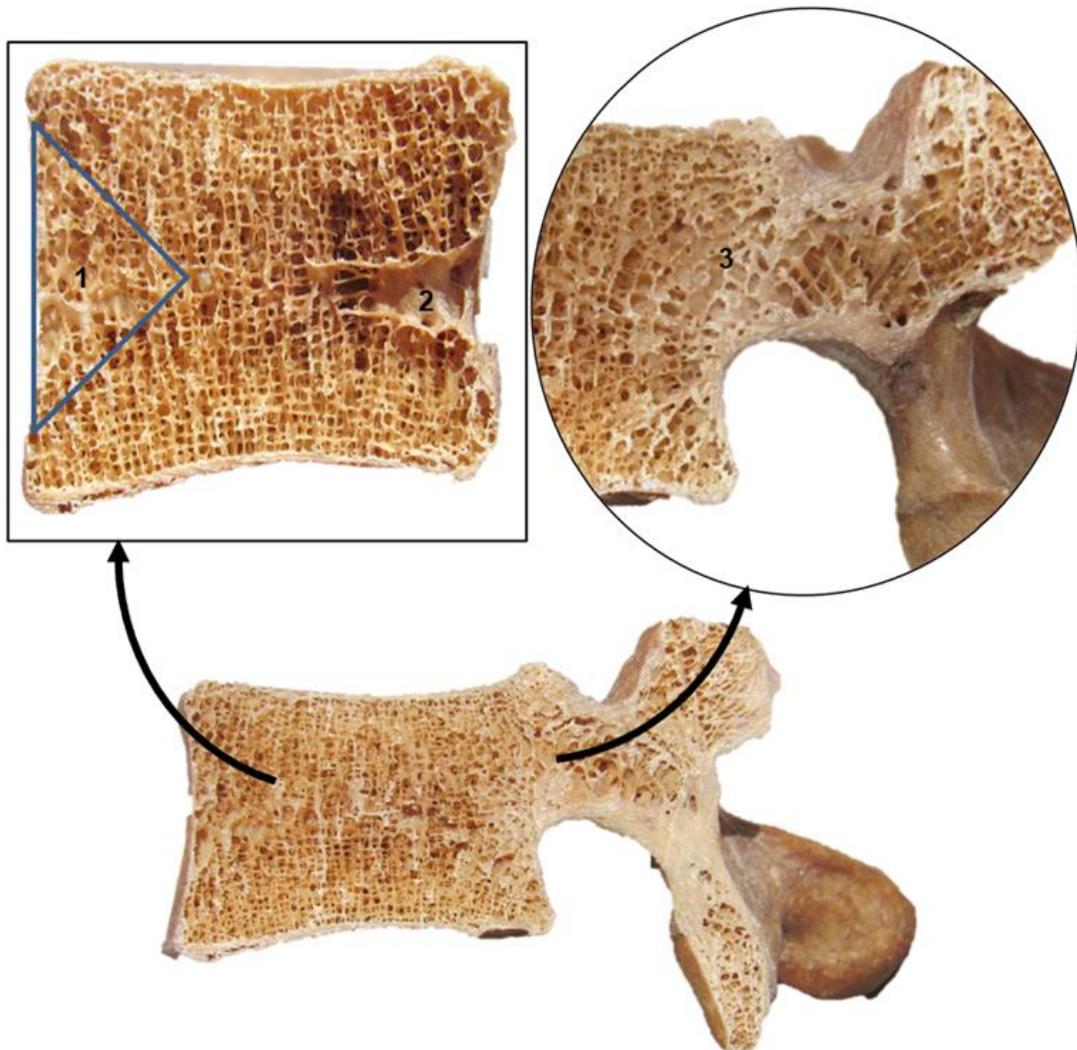


Fuente: elaboración propia. Fotografía corte frontal, disección segmento vertebral banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **1** cortical de la cara vertebral superior, **2** cortical lateral derecha, **3** cortical de la cara inferior del cuerpo vertebral, **4** sistema trabécular de hueso esponjoso. Note las líneas verticales que unen la cara superior y la inferior, u horizontales, que unen las dos corticales laterales, o también oblicuas, que unen la cara inferior a las corticales laterales, **5** cortical lateral izquierda y **6** rodete marginal.

que contiene la primera vértebra cervical o atlas, y la segunda vértebra cervical o axis. Estas piezas óseas están unidas entre sí y con el occipital por una compleja cadena articular con tres ejes y otros tantos grados de libertad. Y el raquis cervical inferior, que se extiende desde la cara inferior del axis hasta la cara superior de la primera vertebra dorsal. Todas las vértebras cervicales son del mismo tipo, salvo el atlas y el axis, que difieren entre sí y de las demás vértebras cervicales. Las articulaciones del raquis cervical inferior poseen

dos tipos de movimientos: por una parte, movimientos de flexión-extensión; por otra, movimientos mixtos de inclinación rotación. (A. I. , 2012)

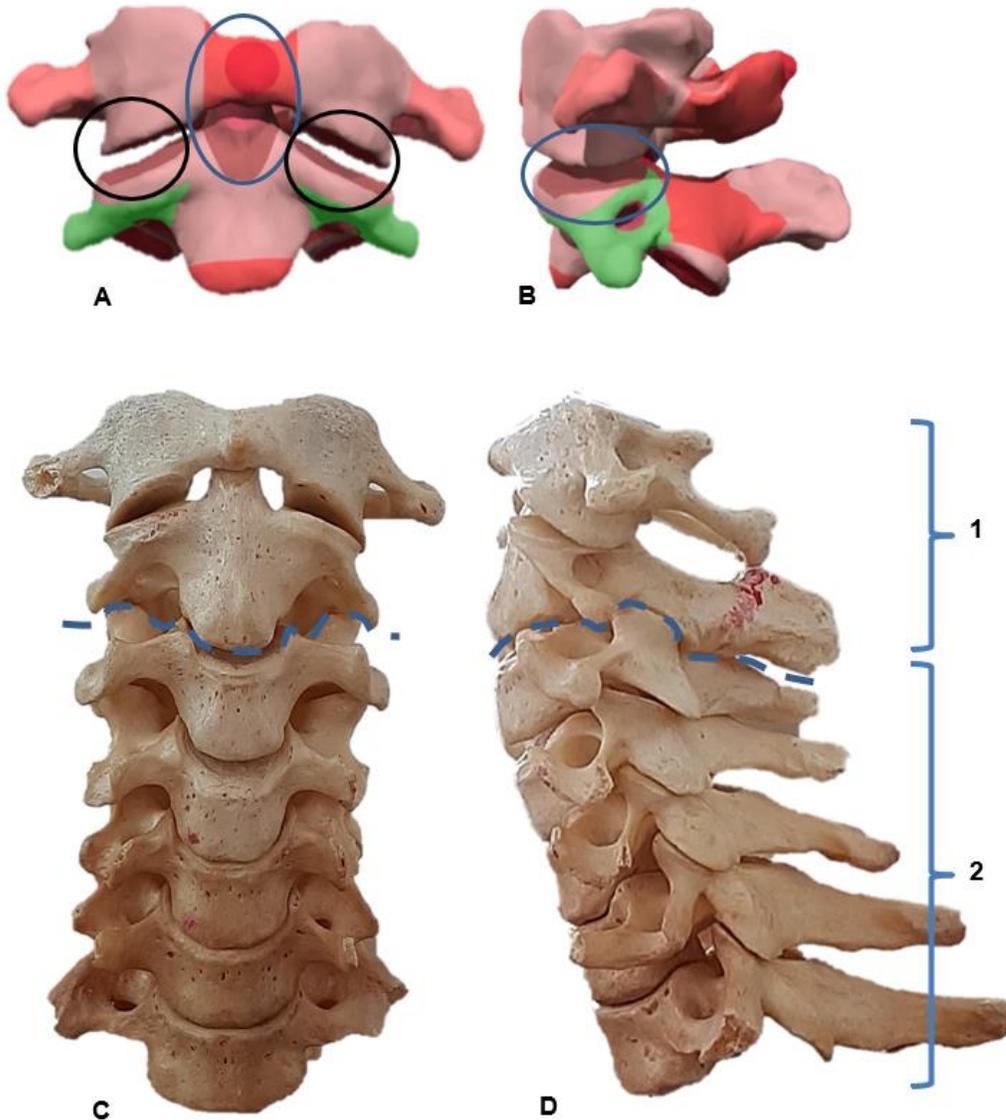
Figura 2-3: Estructura del cuerpo vertebral lumbar -Disección corte sagital



Fuente: elaboración propia. Fotografía corte sagital, disección segmento vertebral banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. 1 triángulo de base anterior en el que solo existen trabéculas verticales, 2 abertura en la superficie posterior del cuerpo vertebral para la vena basivertebral (*venae basivertebral*) y 3 entrecruzamiento de estos tres sistemas trabeculares Verticales y oblicuas -en abanico.

Funcionalmente, estos dos segmentos del raquis cervical se completan entre sí para realizar movimientos de rotación, inclinación o de flexión–extensión de la cabeza. La unión mecánica del atlas y el axis está asegurada por tres articulaciones unidas mecánicamente: Una articulación axial, la atlantodontoidea, en la que la apófisis odontoide sirve de eje. (A. I. , 2012)

Figura 2-4: Divisiones funcionales de la columna cervical.

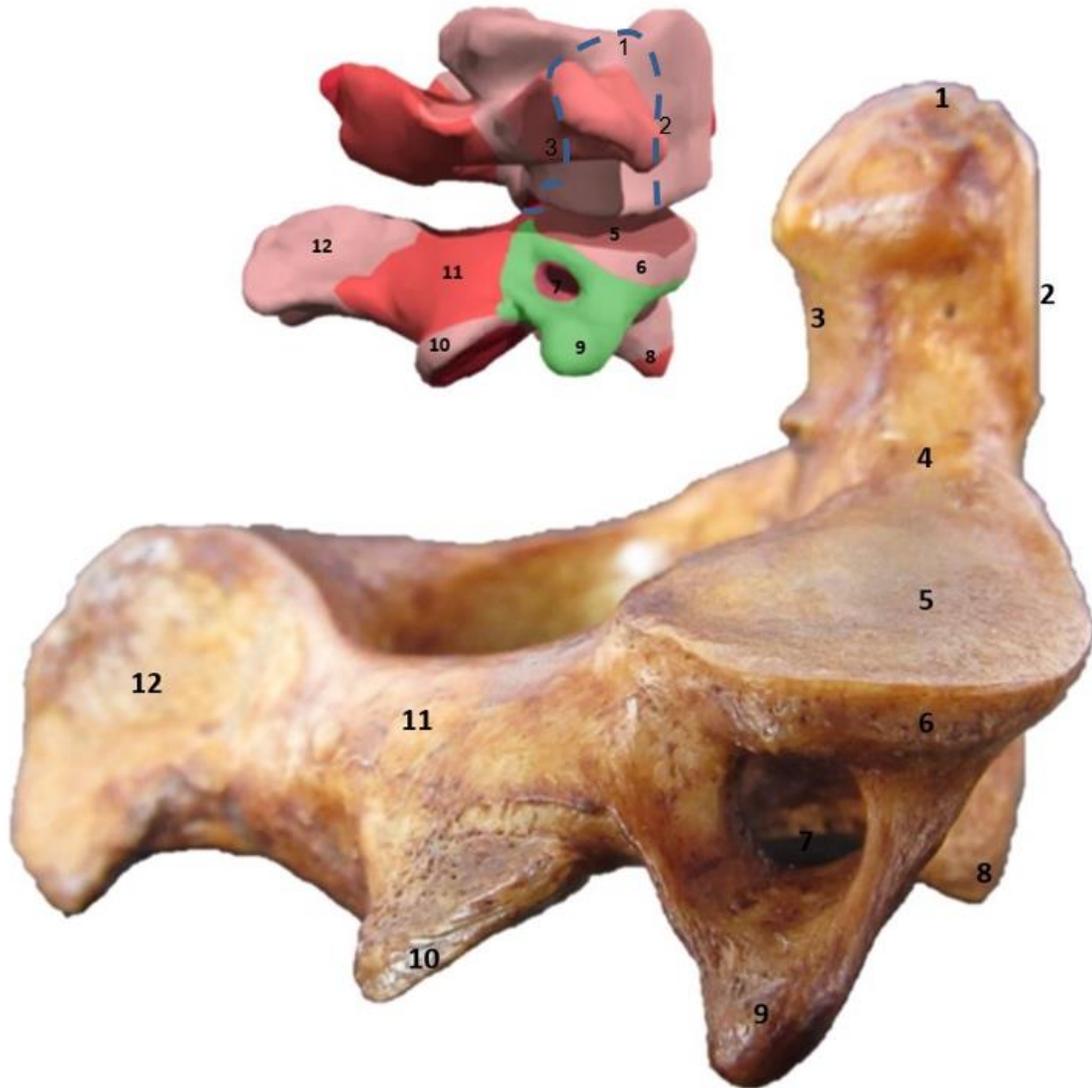


Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **A** esquema de columna cervical superior -vista anterior: muestra la articulación atlantodontoidea (en círculo azul) y articulaciones atlantoaxoideas laterales (en círculos negros), **B** esquema de la columna cervical superior -vista lateral: muestra la articulación atlantoaxoidea lateral izquierda (en círculo azul), **C**

vista anterior y **D** vista lateral de la región cervical. Note las subdivisiones **1** columna cervical superior y **2** columna cervical inferior.

Dos articulaciones laterales y simétricas, las atlantoaxoideas, que establecen la relación de la cara inferior de las masas laterales del atlas con las superficies articulares superiores del axis. En una vista en perspectiva desde el axis y en una vista de perfil se aprecian la forma y la orientación de esta faceta articular superior ovalada de eje mayor posterosuperior, convexa de delante atrás, aunque rectilínea en sentido transversal, de tal modo que podemos considerarla como tallada en un cilindro cuyo eje se dirige hacia fuera y ligeramente hacia abajo, de modo de la faceta este orientada hacia arriba y ligeramente hacia afuera. La apófisis odontoides casi cilíndrica, aunque encorvada hacia atrás, y que contiene: por delante una faceta articular en forma de escudo, ligeramente convexo en ambos sentidos y que se articula con la faceta del arco anterior del atlas; por atrás un canal cóncavo de arriba abajo y convexo transversalmente con una cubierta cartilaginosa, que se articula con el ligamento transversal (ver figura 2-5). (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010) Un corte parasagital a nivel de las masas laterales del atlas muestra las curvaturas y las orientaciones de las diferentes superficies articulares: Curvatura de la articulación atlantoodontoidea, con su faceta odontoide y la faceta del arco anterior del atlas. La faceta superior de las masas laterales del atlas es cóncava de delante atrás y está orientada directamente hacia arriba. Se articula con los cóndilos del occipital. La faceta inferior de las masas laterales del atlas es convexa de delante atrás. La faceta superior del axis es convexa de delante atrás. Las dos superficies reposan, por tanto, como dos ruedas, una sobre la otra. La faceta inferior del axis está orientada hacia abajo y hacia delante; aunque es casi plana. Se articula con la faceta superior de las apófisis articulares de C1. La apófisis odontoide: una superficie cilíndrica maciza, cuya forma no es, por otra parte, cilíndrica por entero, para así permitir que se adapte a un segundo grado de libertad, en los movimientos de flexo-extensión. Estas apófisis odontoides presentan en sus caras anterior y posterior sendas facetas articulares. La cavidad que recibe este cilindro macizo es un cilindro hueco (anillo osteoligamentoso) que rodea totalmente la apófisis odontoides y está formado por delante por el arco anterior del atlas, y a los lados por las masas laterales del atlas, que contienen en su cara interna un tubérculo muy bien marcado, en el que se fija un potente ligamento que se extiende transversalmente por detrás de la odontoides: el ligamento transversal. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

Figura 2-5: Estructuras anatómicas de la vértebra cervical C2 -Vista lateral.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **1** ápex del proceso odontoide, **2** impresión para el ligamento alar derecho, **3** superficie articular anterior para el arco del atlas, **4** surco para la banda transversal del ligamento cruciforme del atlas, **5** base del proceso odontoide, **6** superficies articulares superiores, **7** proceso articular superior, **8** agujero transversal, **9** labio anterior del cuerpo vertebral, **10** apófisis transversa, **11** proceso articular inferior, **12** lamina vertebral, **13** apófisis espinosa.

Las vértebras del raquis cervical bajo se catalogan como típicas. Tienen un cuerpo pequeño y ancho, y un foramen vertebral grande y triangular (ver figura 2-6). El gran foramen vertebral está unido por el cuerpo vertebral anterior, los pedículos y láminas lateralmente. Contiene la médula espinal rodeada por las meninges y los vasos asociados. La superficie anterior del cuerpo es convexa y tiene un borde de proyección inferior al que se une el ligamento longitudinal anterior. La superficie posterior es ligeramente cóncava,

la superficie superior tiene forma de sillín con elevaciones laterales conocidas como procesos uncinados que se articulan con facetas articulares recíprocas situadas lateralmente en la superficie inferior (cóncava) de la vértebra superior. Estas articulaciones se conocen como las "articulaciones unco-vertebrales" o "articulaciones de Luschka". (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

Los pedículos se proyectan postero-lateralmente y cuentan con muescas en sus superficies superiores e inferiores, las muescas pediculares superior e inferior, respectivamente; contribuyen a la formación de los límites del foramen intervertebral. Las láminas curvadas, delgadas se proyectan postero-medial y tienen bordes inferiores más delgados y más gruesos que los superiores. Desde la unión posterior de las láminas proyecta un breve proceso espinoso bífido. Los procesos transversales terminan lateralmente en tubérculos posteriores y anteriores prominentes, unidos por una barra delgada de costotransversa. Dentro de cada proceso transversal hay un foramen transverso: abertura que transmite la vena, la arteria vertebral y el plexo simpático asociado. En las uniones de pedículos y láminas se proyectan grandes procesos articulares superiores e inferiores, en los que se encuentran las facetas articulares inferiores ligeramente convexas y superiores ligeramente cóncavas.

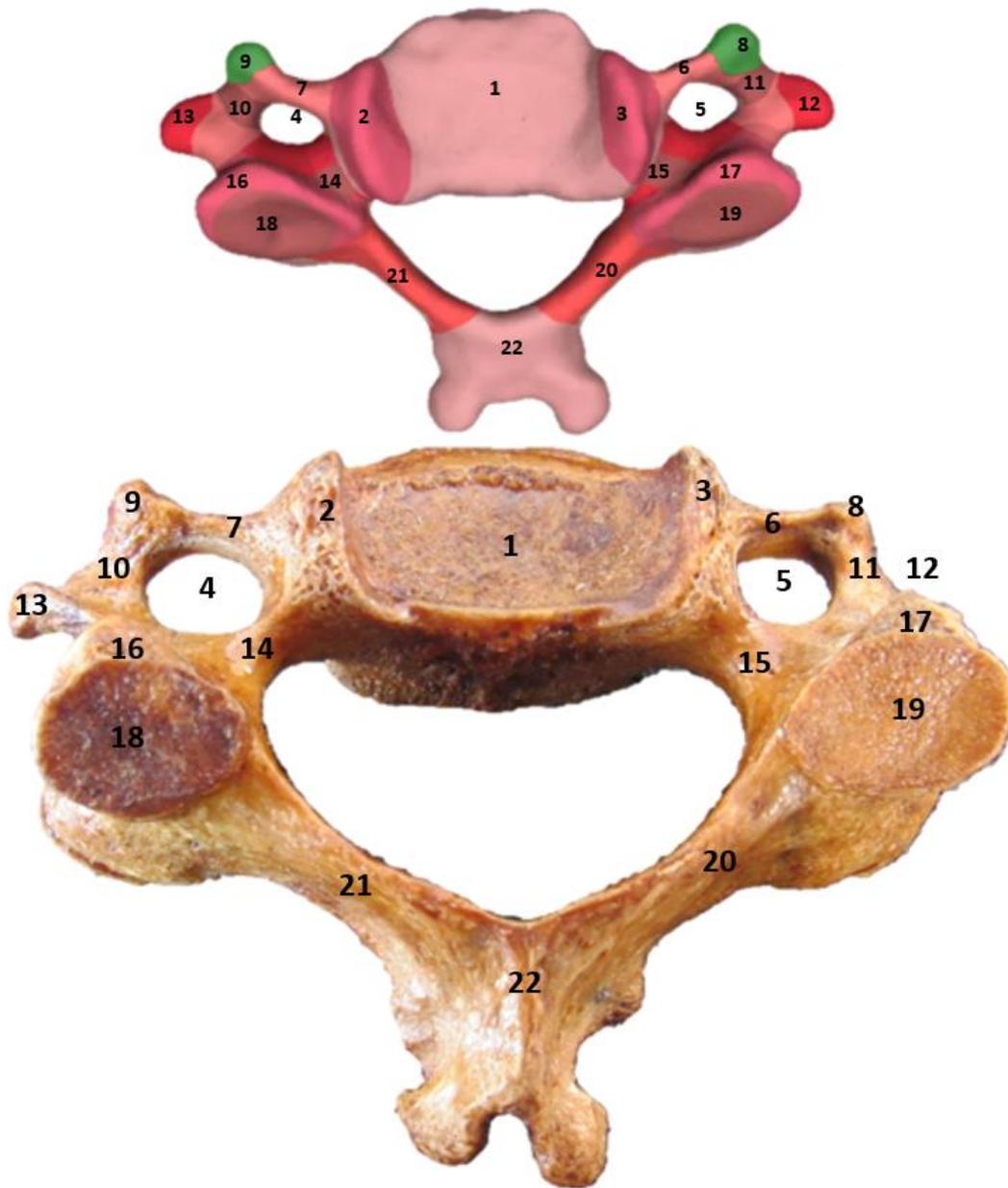
Las facetas articulares superiores se orientan postero-superiormente y las facetas articulares inferiores antero-inferiormente. Tanto las facetas superiores como inferiores se ubican en un plano frontal con tendencia al transversal. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

Los procesos articulares superiores e inferiores de C2 (proceso articular inferior) a C7 forman el pilar articular de la columna cervical. Es palpable 2-3 cm de los procesos espinosos cervicales.

▪ **Vertebras torácicas**

La mayoría de las vértebras torácicas son vertebras típicas, ya que son independientes y tienen cuerpo, arco vertebral y siete apófisis para las uniones musculares y articulares. Los detalles característicos de las vértebras torácicas son: Dos fositas costales (hemicarillas) bilaterales en los cuerpos vertebrales, normalmente dos superiores y dos inferiores, para la articulación con la cabeza de las costillas.

Figura 2-6: Estructuras anatómicas de la vértebra cervical C4 -Vista superior.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. 1 cara vertebral superior, 2 y 3 procesos articulares unciformes, 4 y 5 agujero transversal, 6 y 7 apófisis transversas, 8 y 9 tubérculos anteriores del proceso transverso, 10 y 11 láminas intertuberculares, 12 y 13 tubérculos posteriores del proceso transverso, 14 y 15 pedículos vertebrales, 16 y 17 apófisis articulares superiores, 18 y 19 superficies articulares superiores, 20 y 21 láminas vertebrales, 22 apófisis espinosa.

Las fositas costales superiores e inferiores la mayoría de las cuales sin pequeñas hemicarillas, se presentan emparejadas bilateralmente, como superficies planas en los bordes posterolaterales superior e inferior en los cuerpos de las vértebras torácicas típicas T2 a T9 (ver figura 2-7). Funcionalmente, las fositas se disponen en pares sobre las vértebras adyacentes, flanqueando un disco intervertebral interpuesto: una hemicarilla inferior de la vértebra superior y una hemicarilla superior de la vértebra inferior. Típicamente, dos hemicarillas emparejadas de esta forma y el borde posterolateral del disco intervertebral entre ellas forman una única fosa para recibir la cabeza de la costilla identificada con el mismo número que la vértebra inferior. Las vértebras torácicas atípicas tienen fositas costales completas en lugar de hemicarillas: (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

- Las fositas costales superiores de la vértebra T1 no son hemicarillas debido a que no hay hemicarillas por encima de la vértebra C7, y la primera costilla se articula solo con la vértebra T1. La vértebra T1 tiene una hemicarilla costal típica.
- La vertebra T10 tiene un único par bilateral de fositas costales (enteras), situadas parcialmente en su cuerpo y parcialmente en su pedículo.
- T11 y T12 también tienen un único par de fositas costales (enteras) situadas en sus pedículos.

Las fositas costales en sus apófisis transversas para la articulación con los tubérculos de las costillas, excepto en las dos o tres vertebrae torácicas inferiores.

Unas apófisis espinosas largas inclinadas inferiormente. Las apófisis espinosas se proyectan desde los arcos vertebrales de las vértebras torácicas típicas, son largas e inclinadas inferiormente, y normalmente se solapan con la vértebra inferior. Recubren los intervalos entre las láminas de las vértebras adyacentes, evitando así que objetos cortantes penetren en el conducto vertebral y lesionen la medula espinal.

Las caras articulares superiores convexas de las apófisis articulares superiores se orientan sobre todo posteriormente y algo lateralmente, mientras que las caras articulares inferiores cóncavas de las apófisis articulares inferiores lo hacen sobre todo anteriormente y algo medialmente. Los planos articulares bilaterales entre las respectivas caras articulares de las vértebras torácicas adyacentes definen un arco, centrado en un eje de rotación dentro del cuerpo vertebral. De ese modo pueden realizarse pequeños movimientos de rotación entre las vértebras adyacentes, limitados por la parrilla costal fijada a ellas.

Figura 2-7: Estructuras anatómicas de la vértebra torácica T6 -Vista lateral.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. 1 cuerpo vertebral, 2 y 3 hemicarillas costal superior e inferior, 4 pedículo vertebral, 5 apófisis articular superior, 6 apófisis transversa, 7 superficie articular costotubercular, 8 lamina vertebral, 9 apófisis espinosa, 10 apófisis articular inferior.

▪ La vertebra dorsal tipo y la duodécima dorsal

Como se mostró en la figura 2-7 las vértebras dorsales tipo se compone de cuerpo vertebral, pedículos, apófisis transversal (costiformes), laminas, apófisis espinosa, apófisis articulares superiores e inferiores. No obstante, existen importantes diferencias morfológicas y funcionales. El cuerpo vertebral: con un diámetro transversal casi igual al diámetro anteroposterior, y proporcionalmente más alto que el cuerpo de las vértebras

lumbares. Su contorno anterior y lateral está muy excavado. En la parte posterolateral de las caras vertebrales se distingue una faceta oval, tallada oblicuamente y recubierta de cartílago: la faceta articular costal. En la parte posterolateral del cuerpo se implantan los dos pedículos; la faceta articular costal superior desborda a menudo sobre la raíz del pedículo. Por detrás del mismo se implantan las láminas vertebrales que forman gran parte de los arcos posteriores. Estas laminas son más altas que anchas y están inclinadas a modo de tejas; cerca del pedículo, su borde superior da inserción a las apófisis articulares superiores, que poseen una faceta articular ovalada, plana o ligeramente convexa transversalmente con una cubierta cartilaginosa, orientada hacia atrás, ligeramente hacia arriba y ligeramente hacia fuera; en la parte inferior de las láminas, siempre cerca del pedículo, se implantan las apófisis articulares inferiores, que en su cara anterior presentan una faceta articular ovalada, plana o ligeramente cóncava en sentido transversal orientada hacia delante y ligeramente hacia abajo y hacia dentro. Estas facetas se articulan con las facetas superiores de la vértebra subyacente. En la unión de las láminas y los pedículos, a nivel de las apófisis articulares, se implantan las apófisis transversas. Están orientadas hacia afuera y ligeramente hacia atrás, y presentan una extremidad libre abultada, que contiene en su cara anterior una pequeña faceta articular, llamada faceta costal, que corresponde a la tuberosidad costal. Las dos laminas se unen en la línea media y dan nacimiento a la apófisis espinosa, voluminosa, larga, muy inclinada hacia abajo y hacia atrás, con un solo tubérculo en su extremo superior. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

La última vertebra dorsal o duodécima dorsal, es la vertebra de transición con el raquis lumbar y presenta ciertas particularidades (ver figura 2-8). En primer lugar, su cuerpo vertebral solo posee dos facetas costales situadas cada una en la porción posterolateral de la cara superior, para la cabeza de la duodécima costilla. El segundo, si las apófisis articulares superiores están orientadas, como las de todas las vértebras dorsales, hacia atrás y ligeramente hacia arriba y hacia fuera, las facetas articulares inferiores deben corresponder a las facetas superiores de la primera vértebra lumbar. Por tanto, su dirección es la misma que la de las facetas inferiores de todas las vértebras lumbares; es decir, están orientadas hacia afuera y hacia adelante y presentan una curvatura transversal ligeramente convexa que se inscribe en una misma superficie cilíndrica, cuyo eje está situado aproximadamente, a nivel del origen de la espinosa. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

Figura 2-8: Estructuras anatómicas de la vértebra torácica T12 -Vista lateral.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **1** cuerpo vertebral, **2** faceta costal derecha, **3** facetas articulares inferiores, **4** apófisis transversa derecha, **5** apófisis espinosa, **6** apófisis articular superior. Note la robustez del cuerpo vertebral y la horizontalización de la apófisis espinosa, a diferencia de una vértebra torácica típica T12 cuenta con solo una carilla articular costal y ausencia de la carilla costotubercular.

▪ Constitución de las vértebras lumbares

El cuerpo vertebral: reniforme, es más extenso en anchura que en sentido anteroposterior; es también más ancho que alto y su contorno, profundamente excavado, imita la forma de un diábolo (ver figura 2-9), salvo por detrás, donde es casi plano. El pedículo como se muestra en la figura 2-10 es una porción ósea corta que une el arco posterior al cuerpo vertebral, se implanta en la cara posterior del cuerpo vertebral en su ángulo supero-externo, y forma los límites superior e inferior de los agujeros de conjunción; por detrás da inserción al macizo de las articulares.

Las apófisis costiformes (transversas): en realidad son restos de costillas, se implantan a la altura de las articulaciones y se dirigen oblicuamente hacia atrás y hacia fuera. ((Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

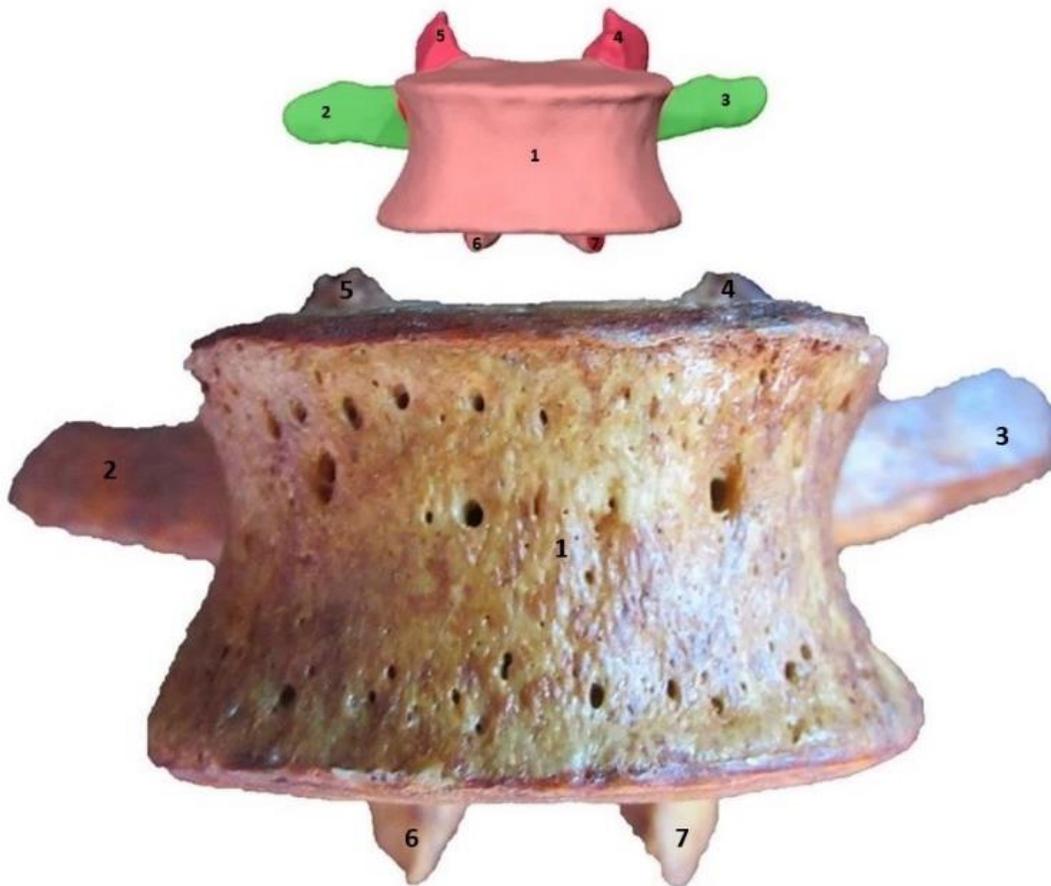
Tubérculo accesorio: En la cara posterior de la base de implantación de la apófisis costiforme se sitúa el tubérculo accesorio (ver figura 2-11), que según algunos autores sería homólogo de la apófisis transversa de las vértebras dorsales. Las apófisis articulares superiores: se yergue en el borde superior de la lámina en su unión con el pedículo; su plano es oblicuo hacia atrás y hacia afuera, presenta una faceta articular recubierta de cartílago orientada hacia atrás y hacia adentro. *Apófisis articulares inferiores:* se destaca del borde inferior del arco posterior, cerca de la unión de la lámina con la espinosa. Se dirige hacia abajo y hacia fuera y posee una carilla articular recubierta de cartílago que mira hacia fuera y hacia delante (ver figura 2-12). *Apófisis espinosas:* une posteriormente a las dos laminas, es muy gruesa, rectangular, se dirige directamente hacia atrás y engrosada en su extremidad inferior. *Agujero vertebral:* en la cara posterior del cuerpo vertebral y el arco posterior se encuentra delimitado el agujero vertebral, que forma un triángulo casi equilátero. Algunas vértebras lumbares presentan caracteres particulares: la apófisis costiforme de la primera vértebra lumbar esta menos desarrollada que la del resto de las lumbares. La quinta vértebra lumbar posee un cuerpo vertebral más alto por delante que por detrás, de tal modo, que, visto de perfil, es cuneiforme, o mejor, forma un trapecio de base mayor, anterior. En cuanto a las apófisis articulares inferiores de la quinta lumbar, están más separadas entre sí que de las restantes lumbares. (Keit L., Arthur F., & Ane M. R., 2010)

Cuando separamos verticalmente dos vértebras lumbares entre sí, comprendemos como las apófisis articulares inferiores de la vértebra superior se encajan por dentro y por detrás de las apófisis articulares superiores de la vértebra subyacente. Cada vértebra lumbar, por tanto, estabiliza lateralmente a la vértebra contigua superior, gracias a los topes que forman las apófisis articulares.

▪ El raquis lumbar en conjunto

En vista anterior y posterior, como se muestra en la figura 2-13, el raquis lumbar es rectilíneo y simétrico en relación con la línea de las apófisis espinosas; la anchura de los cuerpos vertebrales, así como la de las apófisis transversas amengua regularmente de abajo arriba. La línea horizontal, que discurre por la parte más elevada de las dos crestas iliacas, pasa entre L4 y L5. (A. I. , 2012) Visto de perfil, pueden apreciarse las características de la lordosis lumbar.

Figura 2-9: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista anterior.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **1** cuerpo vertebral, **2** y **3** apófisis transversas, **4** y **5** apófisis articulares superiores, **6** y **7** apófisis articulares inferiores.

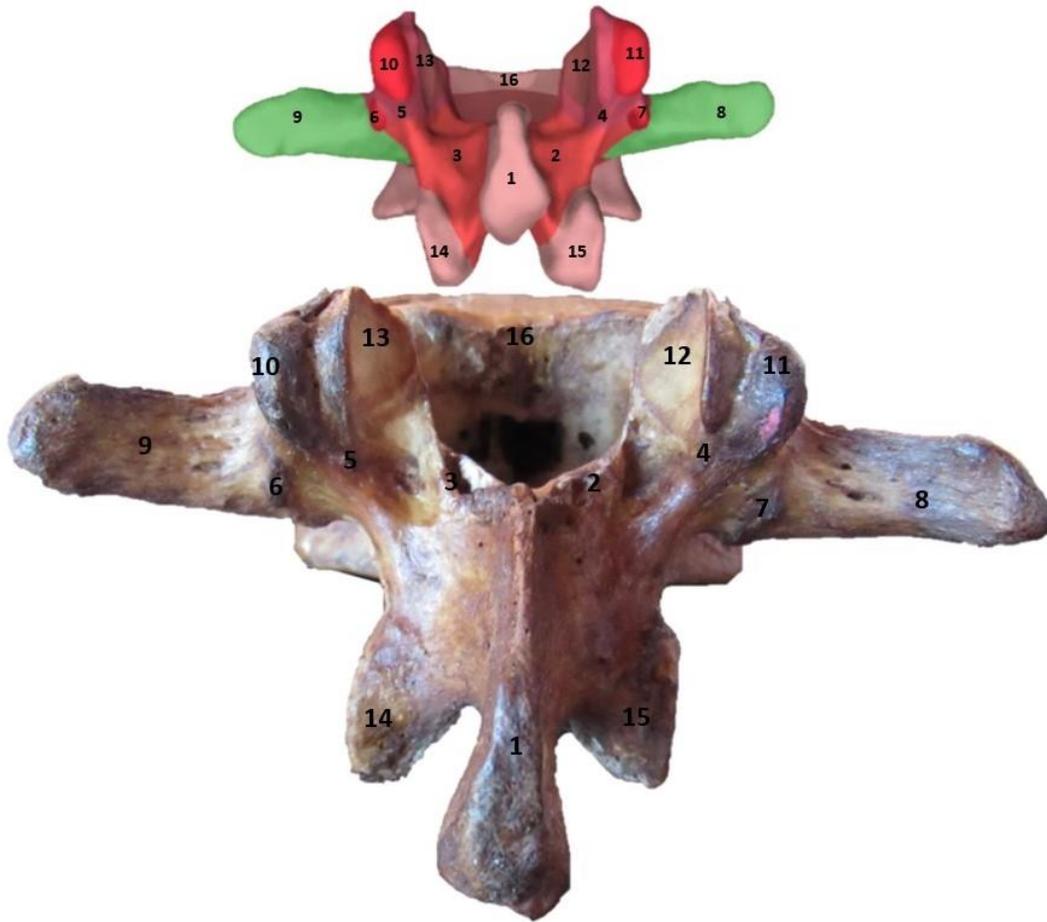
El ángulo sacro está formado por la inclinación de la cara vertebral superior de la primera vértebra sacra sobre la horizontal, con un valor medio de 30° . El ángulo lumbosacro, formado entre el eje de la quinta vértebra lumbar y el eje del sacro, tiene un valor medio de 140° . El ángulo de inclinación de la pelvis, formado por la inclinación sobre la horizontal de la línea que se extiende entre el promontorio y el borde superior de la sínfisis pubiana, tiene un valor medio de 60° . La flecha de la lordosis lumbar puede ser construida uniendo el borde posterosuperior de la primera vértebra lumbar al borde posteroinferior de la quinta vértebra lumbar como se señaló anteriormente en la figura 2-13. (A. I. , 2012) Esta línea representa la cuerda de la lordosis lumbar.

Figura 2-10: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista superior.



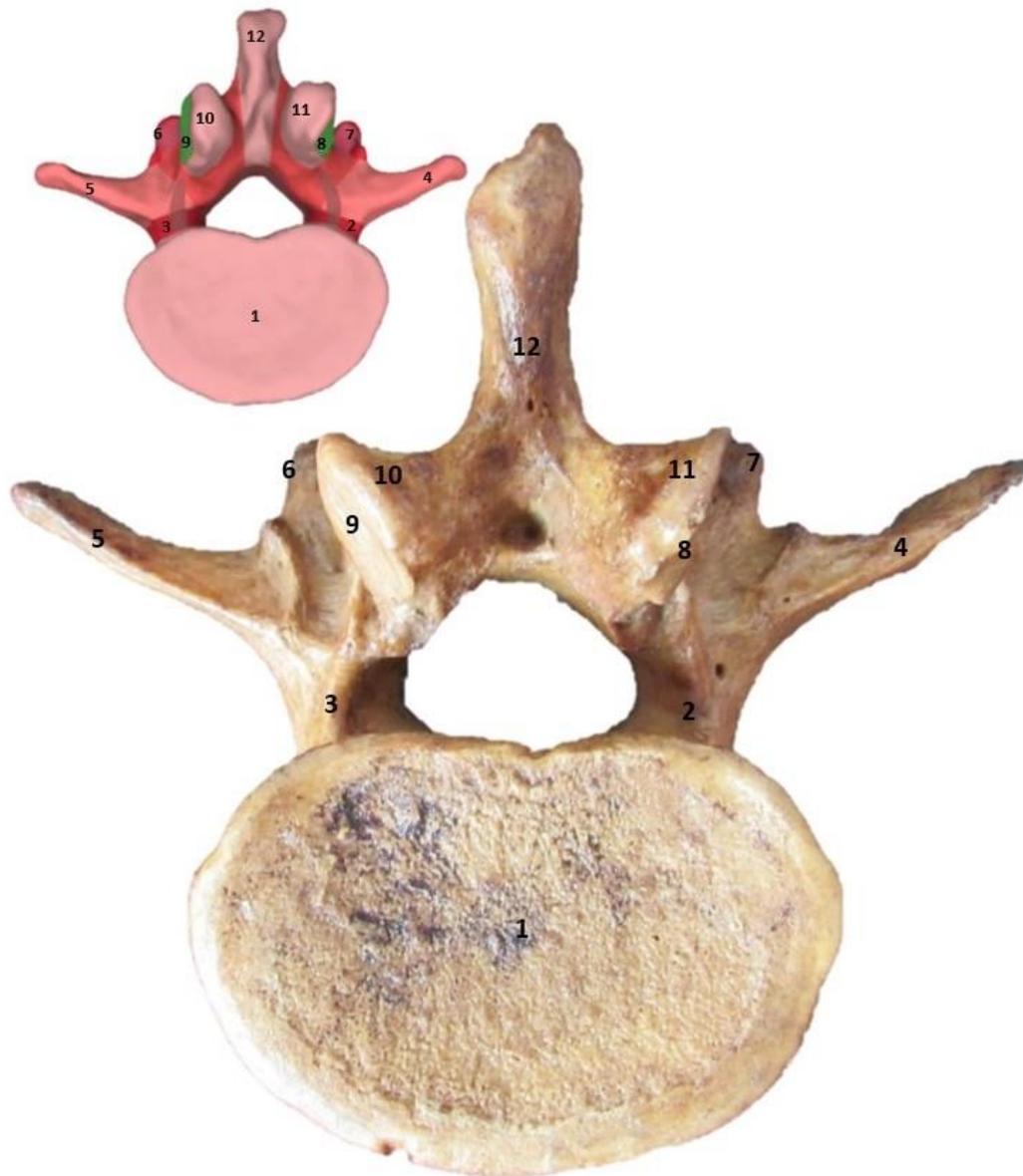
Fuente: elaboración propia. Fotografía Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. 1 cara vertebral superior, 2 y 3 pedículo vertebral, 4 y 5 apófisis transversas, 6 y 7 apófisis articulares inferiores, 8 y 9 superficies articulares superiores, 10 y 11 láminas vertebrales, 12 y 13 procesos mamilares, 14 apófisis espinosa.

Figura 2-11: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista posterior.



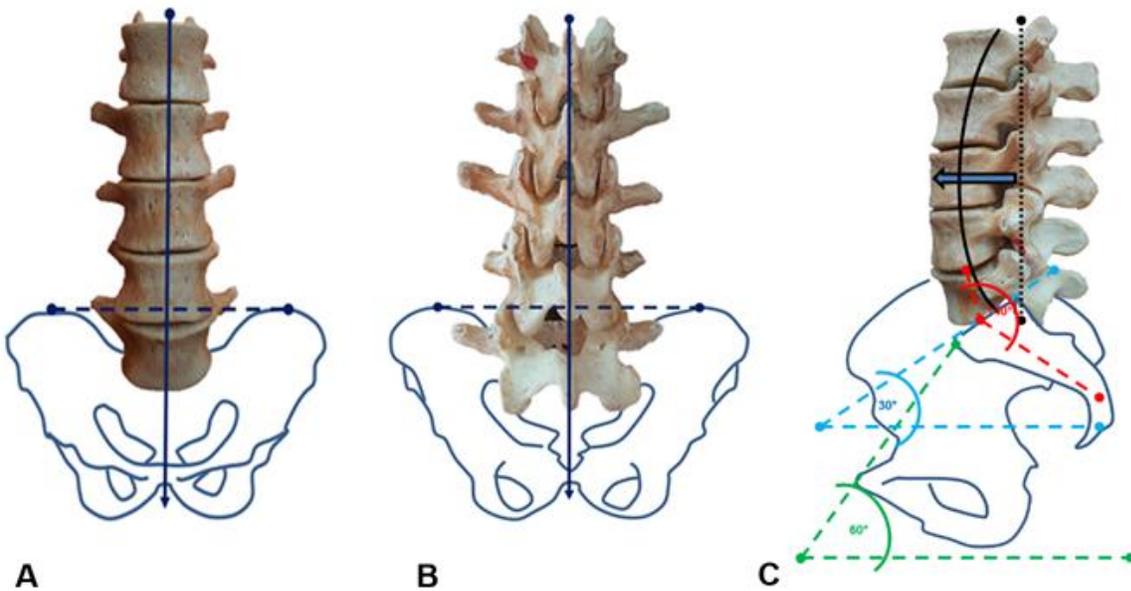
Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **1** apófisis espinosa, **2** y **3** láminas vertebrales, **4** y **5** apófisis articular superior, **6** y **7** procesos accesorios, **8** y **9** apófisis transversas, **10** y **11** procesos mamilares, **12** y **13** carillas articulares superiores, **14** y **15** procesos articulares inferiores, **16** cuerpo vertebral.

Figura 2-12: Estructuras anatómicas de la vértebra lumbar L2 -Vista inferior.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. 1 cara vertebral inferior, 2 y 3 pedículo vertebral, 4 y 5 apófisis transversas, 6 y 7 procesos mamilares, 8 y 9 superficies articulares inferiores, 10 y 11 apófisis articulares inferiores, 12 apófisis espinosa.

Figura 2-13: Características anatómicas del raquis lumbar en conjunto.



Fuente: elaboración propia. Fotografía -Banco de osteología Anfiteatro -Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. **A** alineación en vista anterior y **B** vista posterior de la columna lumbar, **C** la línea negra continua indica la lordosis lumbar, la línea negra discontinua que une el borde posterosuperior de la primera vértebra lumbar al borde posteroinferior de la quinta vértebra lumbar asemeja la cuerda de un arco, la flecha azul indica la zona donde se acentúa la lordosis lumbar. °. El ángulo lumbo sacro, formado entre el eje de la quinta vértebra lumbar y el eje del sacro (líneas rojas discontinuas), tiene un valor medio de 140°. El ángulo sacro está formado por la inclinación de la cara vertebral superior de la primera vertebra sacra (indicada con la línea azul discontinua) sobre la horizontal, con un valor medio de 30. El ángulo de inclinación de la pelvis, formado por la inclinación sobre la horizontal de la línea verde discontinua que se extiende entre el promontorio y el borde superior de la sínfisis pubiana, tiene un valor medio de 60° (con relación a la horizontal).

La flecha representa el máximo de curvatura, situado en general a nivel de la tercera lumbar, y es tanto más pronunciada cuanto más acentuada sea la lordosis; puede ser nula cuando el raquis lumbar es rectilíneo y, en ciertos casos, incluso puede invertirse (raramente). La reversión posterior representa la distancia entre el borde posteroinferior de la quinta vértebra lumbar y la vertical, que desciende desde el borde posterosuperior de la primera lumbar. Esta distancia puede ser nula si la vertical se confunde con la cuerda de la lordosis lumbar; puede ser positiva si el raquis lumbar esta revertido hacia atrás y puede ser negativa si el raquis lumbar está inclinado hacia delante. (A. I. , 2012)

3. Capítulo 3: diseño metodológico

3.1 Método

3.1.1 Diseño de estudio

Este es un estudio de tipo descriptivo que comprende la evaluación osteométrica y descripción morfológica de 164 vertebras secas seleccionadas y obtenidas del banco de osteología existente en el Anfiteatro del Departamento de Morfología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Respecto a las fases metodológicas, los instrumentos de medición y los materiales empleados se describen a continuación.

3.1.2 Consideraciones éticas

En el marco de las consideraciones ético-legales y los principios establecidos por la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, donde menciona las características de las investigaciones con personas en el área de la salud. En dicho artículo se presenta la clasificación de las investigaciones y las características del consentimiento informado, las cuales se tienen en cuenta para esta investigación.

Teniendo en cuenta el capítulo V del título II de la resolución 008430, donde trata sobre investigaciones en órganos, tejidos y sus derivados, productos y cadáveres de seres humanos este trabajo obtendría una calificación de riesgo “Minino”. Es decir, se clasifica como una investigación con GRUPO DE RIESGO I: donde se trabaja o se expone a microorganismos que representan escaso riesgo para el individuo y para la comunidad. Los microorganismos que se clasifican en los grupos de riesgo I y II pueden ser manejados en laboratorios de tipo básico de microbiología, empleando gabinetes de seguridad cuando se considere necesario. Durante la manipulación de las muestras (recolección, preparación, rotulación y medición) se tendrán en cuenta todas las condiciones de bioseguridad, mediante la utilización del kit completo de elementos de protección personal

y/o elementos de bajo impacto que puedan llegar a causar daño sobre las muestras o el medio ambiente; de igual forma y teniendo en cuenta el principio de confidencialidad las muestras y resultados se presentaran bajo rotulaciones o códigos específicos creados para esta investigación y en ningún momento se emitirá ningún tipo de información personal.

Esta investigación se llevo a cabo bajo la supervisión del director de tesis asignado con el visto bueno del par evaluador y la aprobación por parte del comité de ética de la institución.

Declaro de la no existencia de conflictos de interés derivados de la investigación y procedimiento propuesto para resolverlo.

3.1.3 Recolección de las muestras

El primer paso del estudio consistió en inventariar la colección y seleccionar aquellos especímenes que podían ser incluidos en el proceso de evaluación osteométrica y morfológica (Tabla 2-1).

Criterios de inclusión: segmentos vertebrales secos desarticulados, sin aparente alteración en tamaño y forma fueron seleccionados e incluidas en este estudio.

Criterios de exclusión: segmentos vertebrales articulados, segmentos vertebrales de esqueletos con restos de tejidos y los que presentaban anormalidades morfológicas severas (como alteración aparente en tamaño o forma por cambios artrósicos severos, hiperostosis esquelética idiopática difusa y fusiones vertebrales) fueron excluidos.

Un total de 637 vertebras secas estaban disponibles para el estudio. Sin embargo, 35 vértebras cervicales, 88 vertebras torácicas y 41 vértebras lumbares completas, para un total de 164 segmentos vertebrales se utilizaron en este estudio. Las vértebras excluidas fueron aquellas que estaban incompletos, presentaban condiciones patológicas, deformaciones, rupturas o tenían partes desintegradas, que las hacían inadecuados para el estudio. Las muestras no cuentan con ningún tipo de identificación referente a sexo, edad, ocupación laboral, antecedentes patológicos ni raza.

Tabla 3-1: Relación de especímenes vertebrales seleccionados.

Región vertebral	Segmentos disponibles	Niveles vertebrales	Segmentos seleccionados
Cervical	143	C1 ¹	5
		C2 ²	8
		C3-C7 ³	22
Torácica	359	T1-T12	88
Lumbar	135	L1-L5	41
TOTAL	637	N/A	164

¹ vértebra cervical atlas, ² vértebra cervical axis, ³ vértebras cervicales segmentos C3 a C7.

3.1.4 Preparación de la muestra

Las muestras se preparan usando los especímenes de la colección del banco de osteología y las salas de disección del anfiteatro del departamento de Morfología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Posterior al inventario, las vértebras se llevaron a la zona de limpieza sin mezclar los diferentes componentes con componentes de otras regiones vertebrales previamente identificadas. Se colocan los especímenes en mesas de disección dentro de canastas agujereadas y revestidas internamente con una malla de nylon para prevenir que tanto los fragmentos como las piezas pequeñas pudieran perderse; se remueve hongos, y polvo mediante fricción con un cepillo de cerdas suaves para evitar cualquier daño a las muestras.

3.1.5 Rotulación

Se procede posteriormente a la rotulación de las vértebras asignándoles números cardinales de manera aleatoria.

Después del proceso de limpieza y rotulación se procede a la evaluación osteométrica y morfológica propiamente dicha.

3.1.6 Evaluación Osteométrica y Descripción Morfológica

La evaluación osteométrica se realizó sobre las diferentes regiones; cervical, torácica y lumbar que cumplieron con los criterios de inclusión.

Los métodos y técnicas de osteometría empleadas se describen detalladamente en los siguientes ítems. Los instrumentos utilizados para efectuar la medición de las variables antropométricas en los segmentos vertebrales individuales fueron: Calibrador (pie de rey)

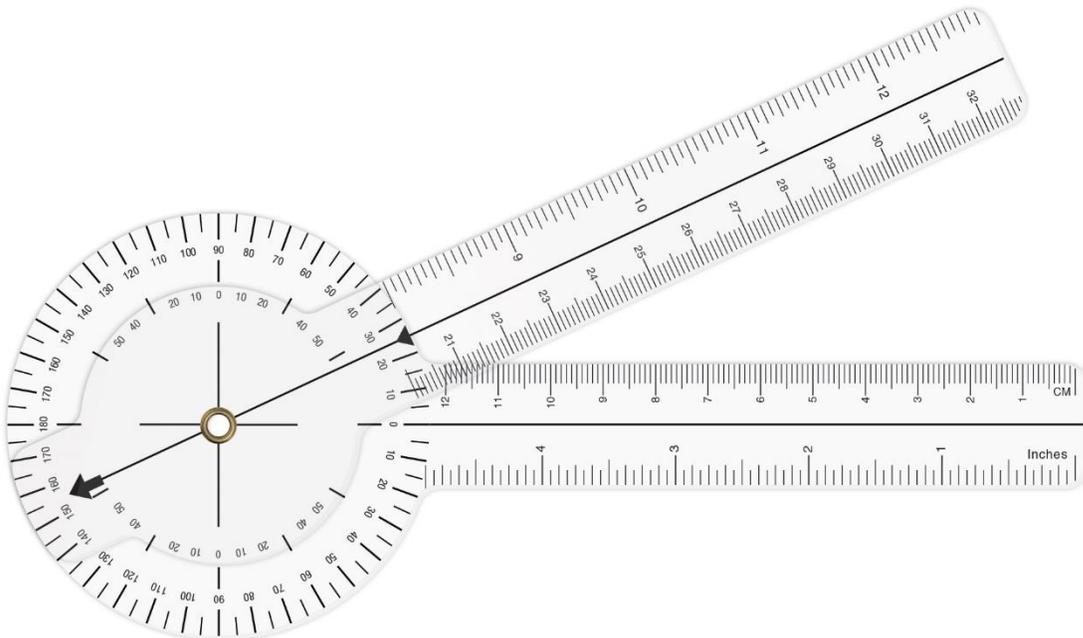
digital marca STAINLESS (rango de 0-156mm, 6,1", precisión de 0,02 mm, 0,001"); adipómetro manual marca FIGURE FINDER; y goniómetro manual (ver figuras 3-1 a 3-3).

Figura 3-1: Calibrador digital.



Fuente: Fotografía instrumentos de medición utilizados en medición de variables osteométricas.

Figura 3-2: Goniómetro manual.



Fuente: Fotografía instrumentos de medición utilizados en medición de variables osteométricas

Figura 3-3: Adipómetro manual.



Fuente: Fotografía instrumentos de medición utilizados en medición de variables osteométricas.

Para corregir los errores de medición, las medidas se tomaron en milímetros y en grados (°) según la variable deseada. Cada variable se midió tres veces y se promedió, de estos promedios registrados por cada segmento vertebral se calculó para cada región específica el promedio, la desviación estándar y los valores de rango máximo y mínimo.

La descripción morfológica se realizó para cada segmento vertebral mediante revisión bibliográfica y observación directa de las muestras seleccionadas.

3.1.7 Índices osteológicos

Las variables osteométricas a medir fueron seleccionadas arbitrariamente, teniendo en cuenta las siguientes razones:

1. Estudios publicados recientemente relacionados con osteometría de columna vertebral.
2. Índices osteométricos estándar recomendados (tradicionales).
3. Características (zonas) fácilmente accesibles e identificables.
4. Relevancia de la medición del índice osteométrico dentro del ámbito clínico, biomédico e investigativo.

Tabla 3-2: Variables osteométricas seleccionadas.

ítem	Medida	Abreviatura	Autor/año
1	Diámetro Antero-Posterior C1	Da-pC1	Propuesta por el autor.
2	Diámetro Transverso C1	Dt-C1	Propuesta por el autor.
3	Altura medial masa lateral C1	Am-MLC1	Propuesta por el autor.
4	Altura lateral masa lateral C1	AL-MLC1	Propuesta por el autor.
5	Altura ventral (altura anterior) de apófisis odontoides	Av-AO	Sait NADER et al. 2006
6	Altura dorsal (altura posterior) de apófisis odontoides	Ad-AO	Sait NADER et al. 2006
7	Diámetro transversal (ancho) máximo de las apófisis odontoides.	Dt-AO	Sait NADER et al. 2006
8	Diámetro A-P (profundidad) máximo de apófisis odontoides.	Da-pAO	Sait NADER et al. 2006
9	Altura ventral (altura anterior) del cuerpo vertebral	AV-CV	Mavrych V. 2014. Martin. 1928
10	Altura dorsal (altura posterior) del cuerpo vertebral	Ad-CV	F. J. Ruhli. 2003.
11	Diámetro antero-posterior medio (Profundidad) del cuerpo vertebral	Da-pCV	Mavrych V. 2014. Martin. 1928
12	Diámetro transversal medio (Ancho) del cuerpo vertebral.	DtCV	Mavrych V. 2014.
13	Longitud (Largo) del pedículo vertebral.	L-PV	Urrutia V, et al. 2009
14	Ángulo transversal del pedículo vertebral.	∠tPV	Mohamed A. Maaly. 2010 Acharya et al.2010.
15	Ángulo transversal de la lámina vertebral.	∠tLV	M M Patel, T C Singel. 2011
16	Longitud (Largo) de la lámina vertebral.	L-LV	
17	Longitud (largo) de la apófisis espinosa	L-AE	J.D. Shaw et al. 2015.
18	Longitud (Largo) de la apófisis transversa	L-AT	Sonu Tyagi. 2018
19	Diámetro antero-posterior del foramen vertebral	Da-pFV	Urrutia V, et al. 2009
20	Diámetro transversal del foramen vertebral	Dt-FV	Urrutia V, et al. 2009

Para realizar la medida de las dimensiones anatómicas seleccionadas se tendrá en cuenta los parámetros señalados en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Variables osteométricas seleccionadas y parámetros de medición.

ítem	Variable	Parámetros de medición
1	Da-pC1	Distancia antero-posterior tomada desde el punto medio anterior (borde externo del tubérculo en arco anterior) hasta el punto medio dorsal (borde externo del tubérculo en arco posterior)
2	Dt-C1	Distancia horizontal tomada desde el punto medio lateral derecho al punto medio lateral izquierdo de las <i>Masas laterales</i> de C1.
3	Am-MLC1	Distancia vertical entre la parte superior e inferior de los bordes internos de las Masas Laterales.
4	AL-MLC1	Distancia vertical entre la parte superior e inferior de los bordes externos de las Masas Laterales.
5	Av-AO	Distancia vertical anterior entre la base (línea horizontal trazada entre la parte superior de los bordes mediales de las facetas articulares superiores del axis) y el ápex de la apófisis odontoides.
6	Ad-AO	Distancia vertical posterior entre la base (línea horizontal trazada entre la parte superior de los bordes mediales de las facetas articulares superiores del axis) y el ápex de la apófisis odontoides.
7	Dt-AO	Distancia horizontal máxima (medida en la base) entre el borde lateral derecho e izquierdo de la apófisis odontoides.
8	Da-pAO	Distancia horizontal máxima (medida en la base) entre el borde anterior y posterior de la apófisis odontoides.
9	Av-CV	C2: distancia vertical entre los bordes centrales anteriores del rodete marginal inferior del cuerpo vertebral y borde central de línea horizontal trazada entre la parte superior de los bordes mediales de las facetas articulares superiores del axis. C3-L5: distancia vertical entre los bordes centrales anteriores del rodete marginal superior e inferior del cuerpo vertebral.
10	Ad-CV	C2: distancia vertical entre los bordes centrales posteriores del rodete marginal inferior del cuerpo vertebral y borde central de línea horizontal trazada entre la parte superior de los bordes mediales de las facetas articulares superiores del axis. C3-L5: distancia vertical entre los bordes centrales posteriores del rodete marginal superior e inferior del cuerpo vertebral.
11	Da-pCV	C2: distancia antero-posterior tomada desde el punto medio anterior al punto medio posterior de la cara vertebral inferior de C2. C3-L5: distancia antero-posterior tomada desde el punto medio del diámetro ventral craneo-caudal hasta el punto medio del diámetro dorsal cráneo-caudal.
12	DtCV	C2: distancia horizontal tomada desde el punto medio lateral derecho al punto medio lateral izquierdo de la cara vertebral inferior de C2. C3-L5: distancia horizontal tomada desde el punto medio de la corteza lateral derecha al punto medio de la corteza lateral izquierda del cuerpo vertebral.
13	L-PV	Superior: distancia desde el borde posterior del cuerpo vertebral (a nivel de la unión con el pedículo) hasta el borde anterior de la apófisis articular
14	<tPV	El ángulo transversal del pedículo se obtiene midiendo <i>el ángulo</i> entre la intersección de los ejes longitudinales del pedículo.
15	<tLV	Superior: Medido del eje longitudinal del borde laminar superior derecho, con el eje longitudinal del borde laminar superior izquierdo.

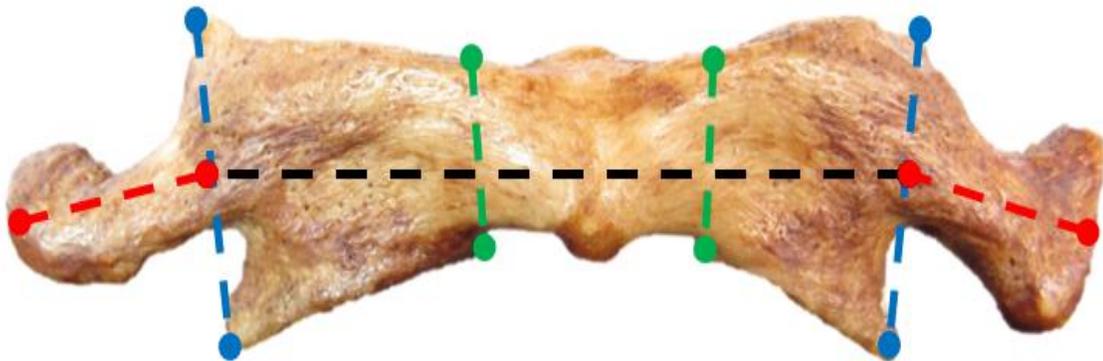
Tabla 3 3: (Continuación).

ítem	Variable	Parámetros de medición
16	L-LV	Distancia desde el borde posterior de la apófisis articular hasta el punto de intervención de las dos (a nivel de la unión con la apófisis espinosa).
17	L-AE	Distancia entre el punto más anterior (punto de unión anterior de las dos láminas vertebrales) y el más posterior del ápex de la apófisis espinosa.
18	L-AT	Longitud desde el borde lateral del canal vertebral donde las facetas articulares superiores se unen al proceso transversal, hasta el punto más distal de la apófisis transversal. Se miden tanto en la apófisis transversal izquierda y la apófisis transversal derecha.
19	Da-pFV	Longitud antero-posterior que existe entre la corteza externa del borde posterior del cuerpo vertebral y la corteza externa del punto de unión anterior de las dos láminas vertebrales.
20	Dt-FV	Longitud medio-lateral que existe entre la corteza externa del borde medial de ambos pedículos. Tomada desde los puntos más estrechos del istmo pedicular.

Para evaluar la variación osteométrica sugerida, se llevó a cabo la recolección de una serie de variables aplicables a los niveles vertebrales previamente seleccionados, las variables osteométricas elegidas se relacionan con; índices para las láminas vertebrales adoptados y medidos de acuerdo con Mital M. Patel. 2011. Quien define medidas osteométricas de altura, ancho y grosor laminar. Las medidas seleccionadas para cuerpo vertebral relacionadas con diámetro sagital y transversal, altura ventral y dorsal fueron evaluadas según lo definido en sus respectivos estudios por Mavrych V. 2014, Martin. 1928 y F. J. Ruhli. 2003. La mayoría de las medidas relacionadas al componente vertebral posterior (pedículos, carillas articulares superiores e inferiores, laminas, apófisis transversas y espinosas) se realizarán basadas en los análisis de M M Patel, T C Singel. 2007 e Infusa et al. 1996. En cuanto a las variables aplicadas a las vértebras atípicas de columna cervical alta se tomaron siguiendo las indicaciones de Sait NADER et al. 2006. (Tabla 3-2 y 3-3)

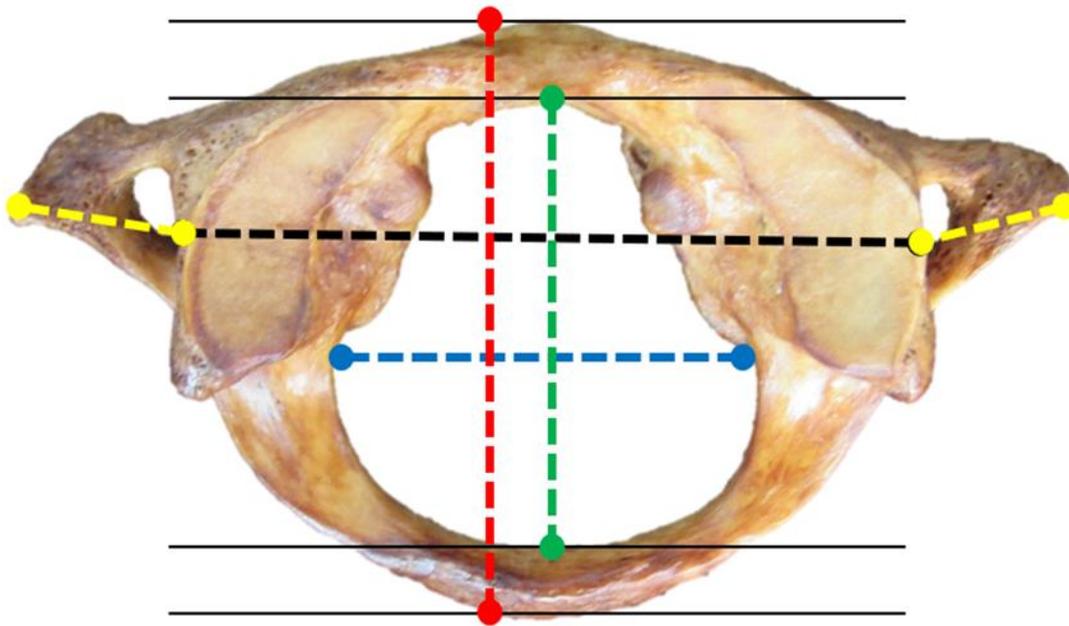
- **Representación gráfica de las variables osteométricas seleccionadas y parámetros de medición.**

Figura 3-4: Parámetros relacionados a las masas laterales y procesos transversales de la vértebra cervical C1 -vista anterior.



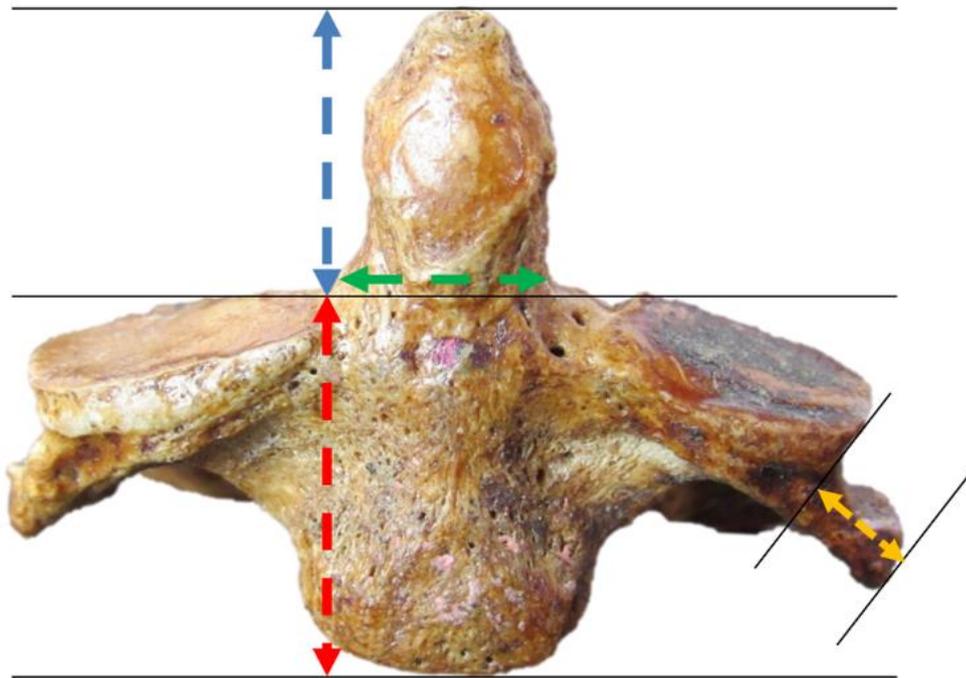
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- longitud del proceso transversal vertebral.; --- diámetro transversal de C1; --- altura externa de las masas laterales; --- altura interna de las masas laterales.

Figura 3-5: Parámetros relacionados a las dimensiones y proyecciones de la vértebra cervical C1 -vista superior.



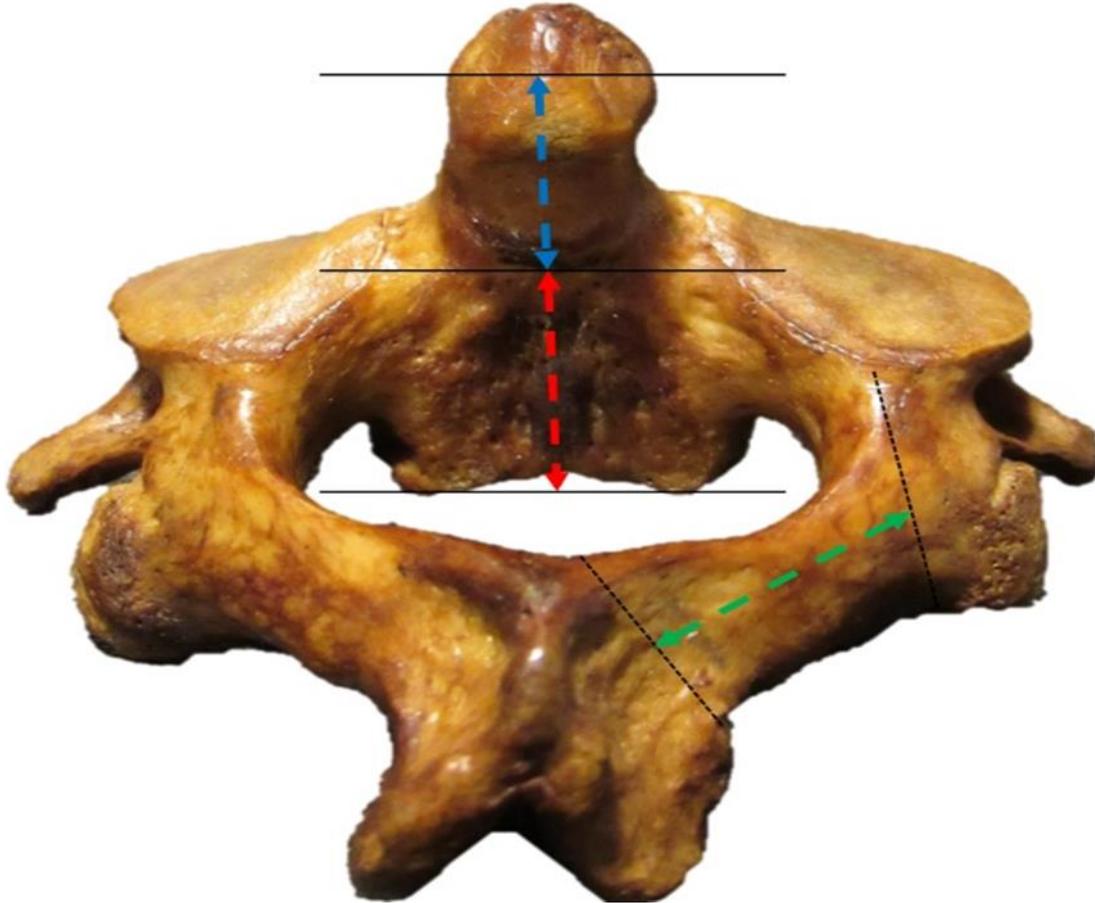
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- diámetro antero-posterior de C1; --- diámetro transversal de C1; --- diámetro anteroposterior del foramen vertebral; ---diámetro medio-lateral del foramen vertebral; --- longitud del proceso transversal vertebral.

Figura 3-6: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo, proceso odontoide y proceso transversal de la vértebra cervical C2 -Vista anterior.



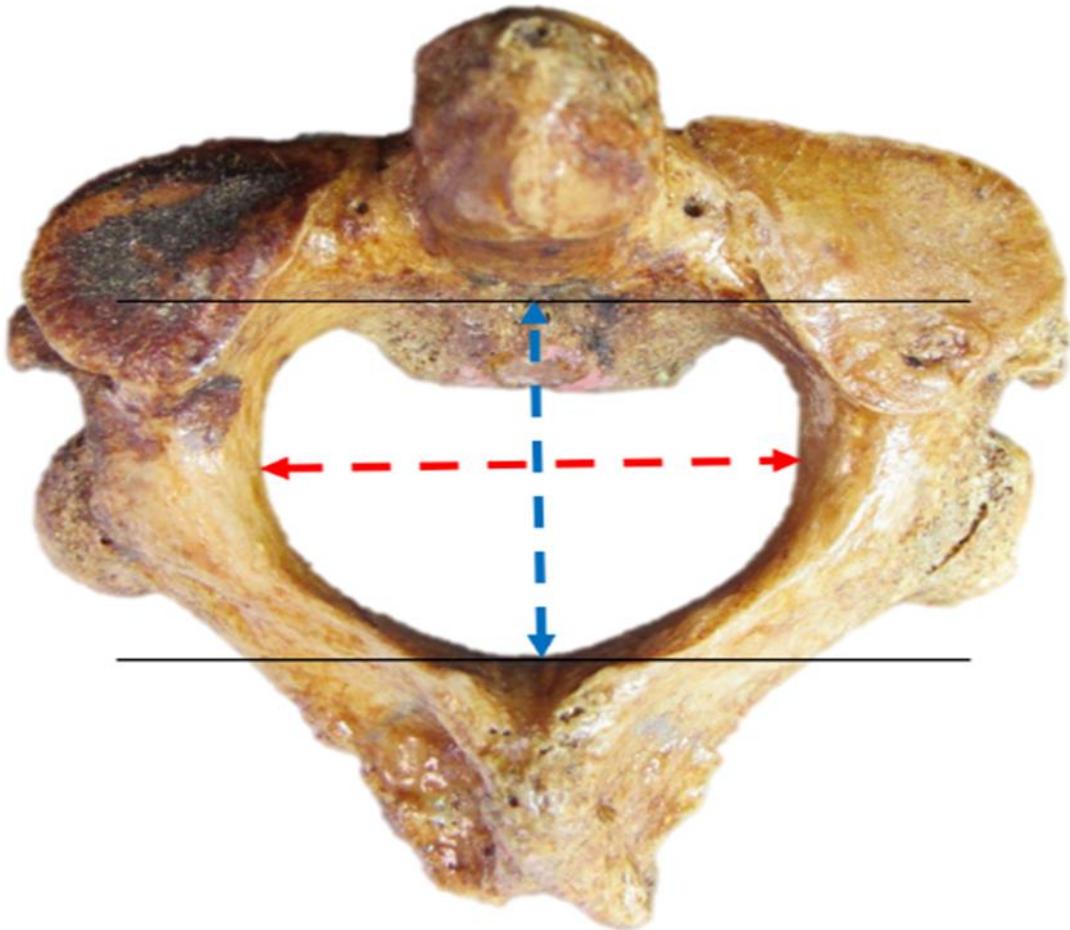
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- altura anterior de la AO; --- diámetro transversal del odontoide; --- altura del cuerpo vertebral; --- longitud proceso transversal.

Figura 3-7: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo vertebral, proceso odontoide y lamina de la vértebra cervical C2 -Vista posterior.



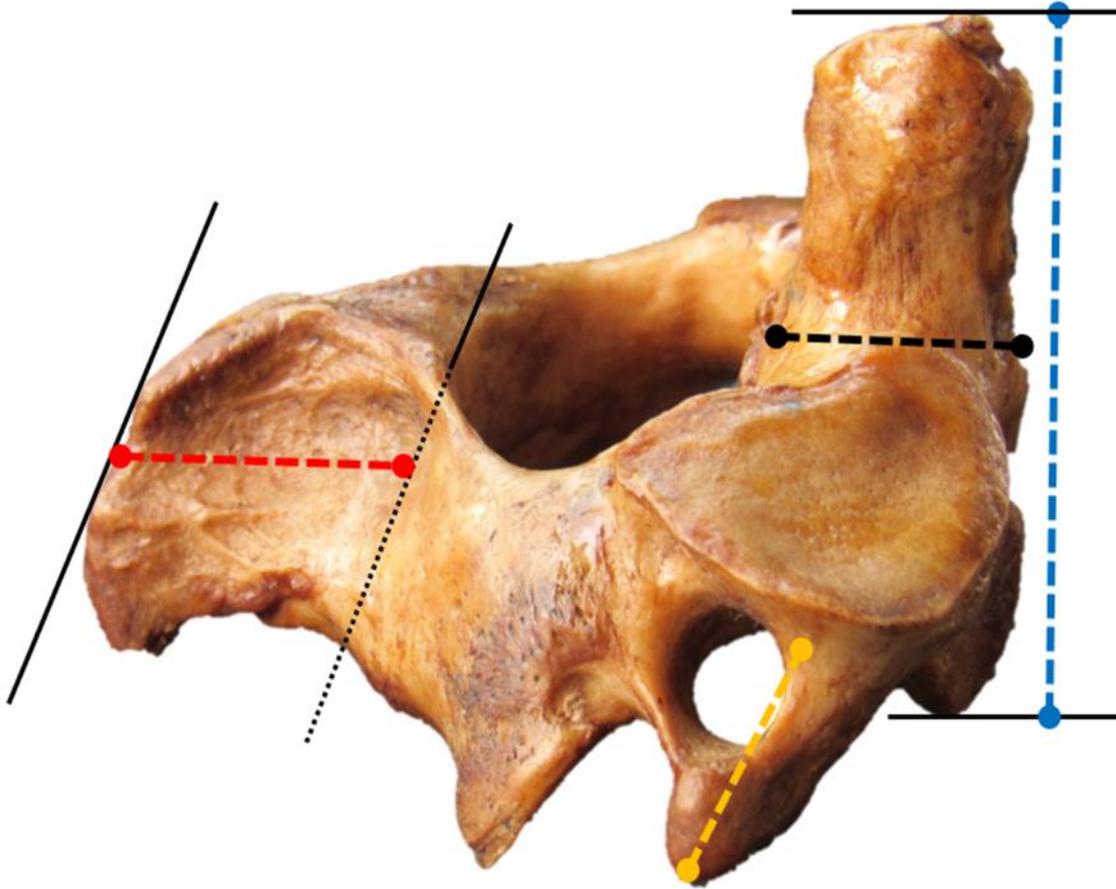
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- altura posterior de la AO; --- altura posterior del cuerpo vertebral; --- longitud de la lámina vertebral.

Figura 3-8: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del foramen vertebral de la vértebra cervical C2 -vista superior.



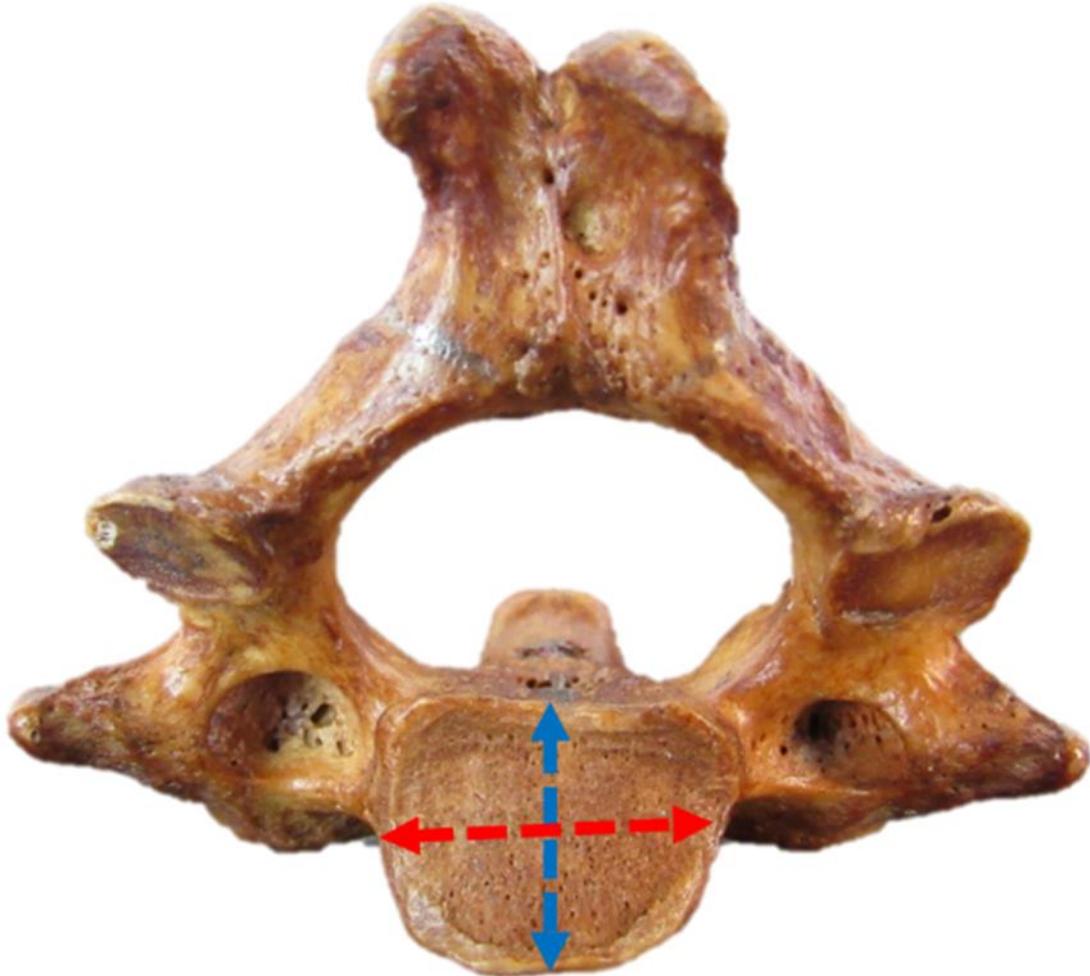
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- diámetro anteroposterior del foramen vertebral; --- diámetro medio-lateral del foramen vertebral.

Figura 3-9: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones odontoides de la vértebra cervical C2 -vista lateral derecha.



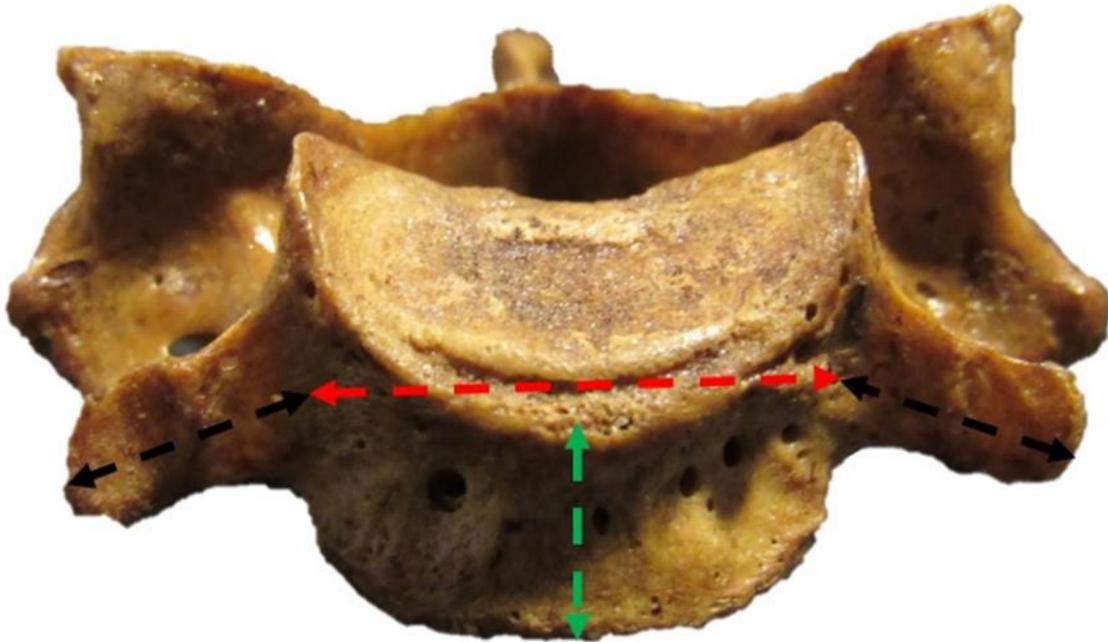
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- altura anterior del proceso odontoide; --- diámetro A-P en la base del proceso odontoide; --- longitud proceso transversal; --- longitud proceso espinoso.

Figura 3-10: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de la superficie vertebral inferior de la vértebra cervical C2 -Vista inferior.



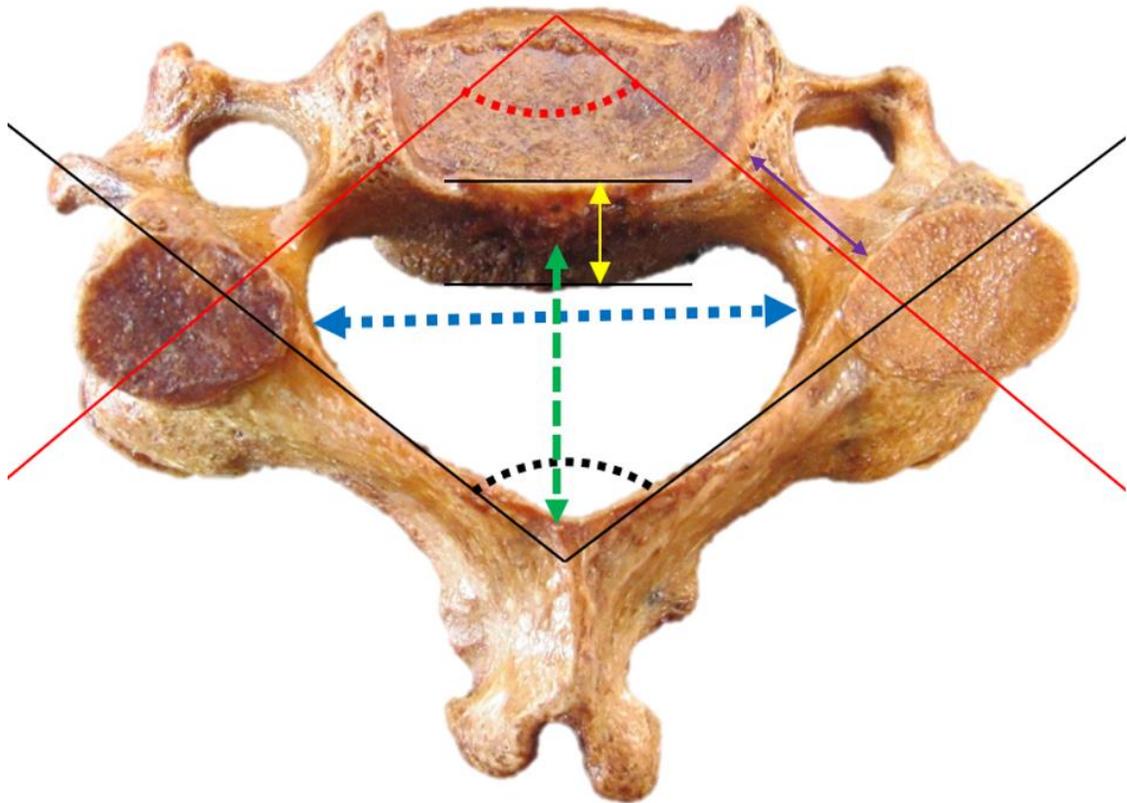
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- diámetro transversal del cuerpo vertebral; --- diámetro anteroposterior del cuerpo vertebral.

Figura 3-11: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo vertebral y proceso transverso en un segmento vertebral de columna cervical baja -Vista anterior.



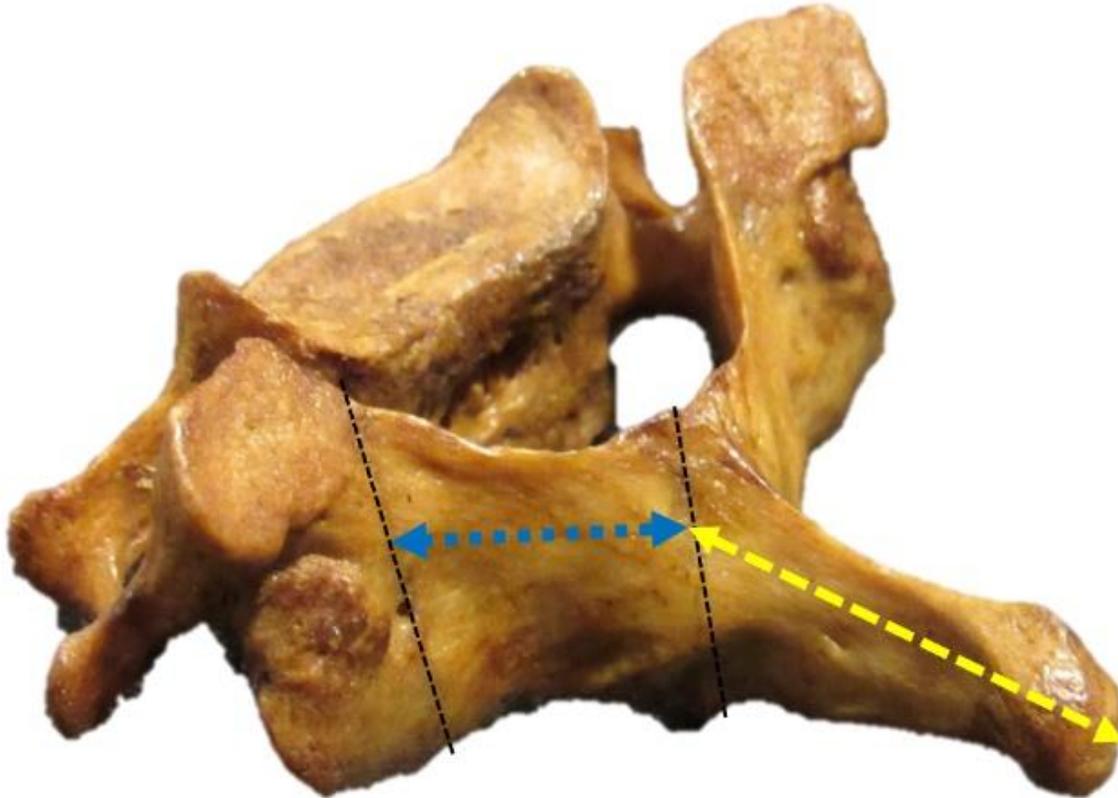
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- diámetro transversal del cuerpo vertebral; --- altura ventral del cuerpo vertebral; --- longitud proceso transverso.

Figura 3-12: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de un segmento vertebral de columna cervical baja -Vista superior.



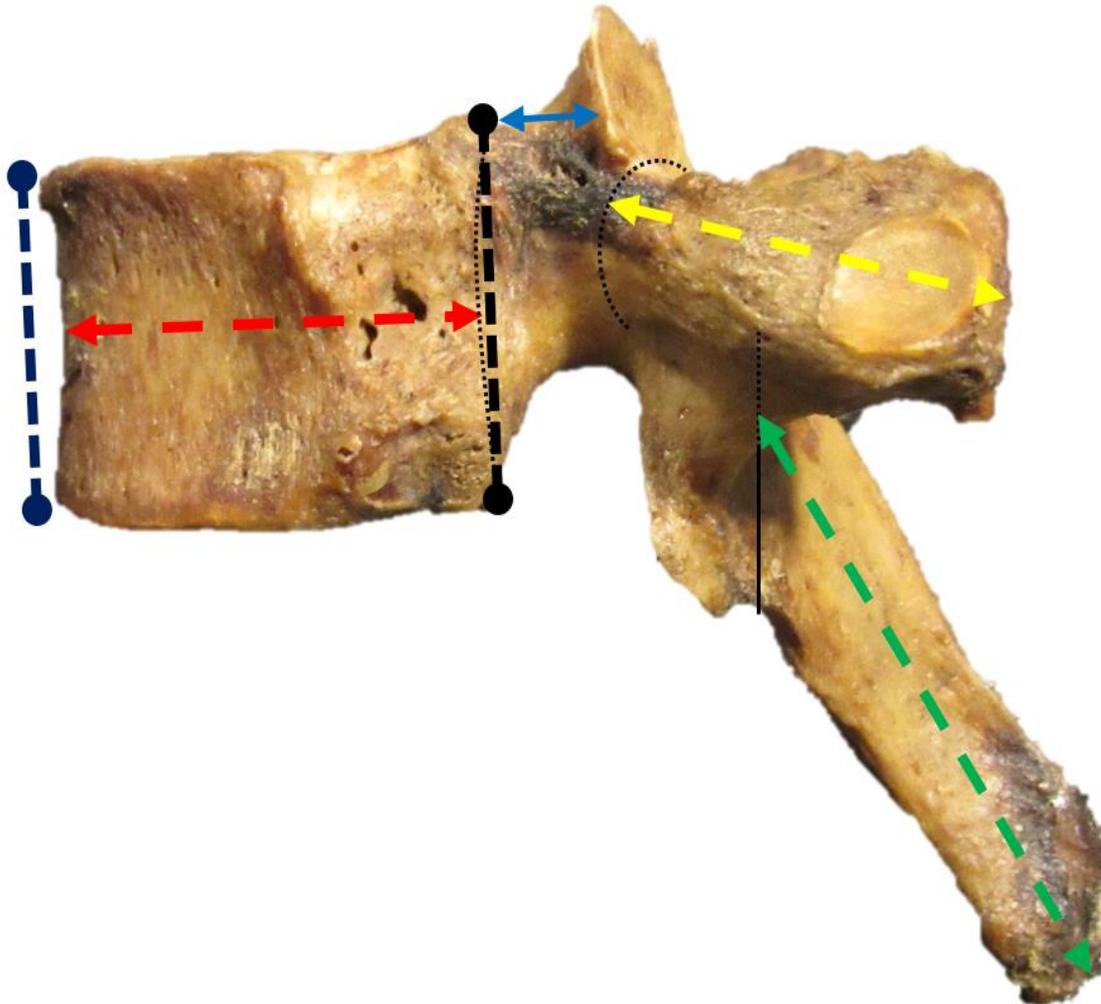
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- ángulo pedicular transversal; --- ángulo laminar transversal; --- altura dorsal cuerpo vertebral; --- diámetro transversal del foramen vertebral; --- diámetro antero-posterior del foramen vertebral.

Figura 3-13: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de lámina vertebral y proceso espinoso un segmento vertebral de columna cervical baja - Vista postero-lateral.



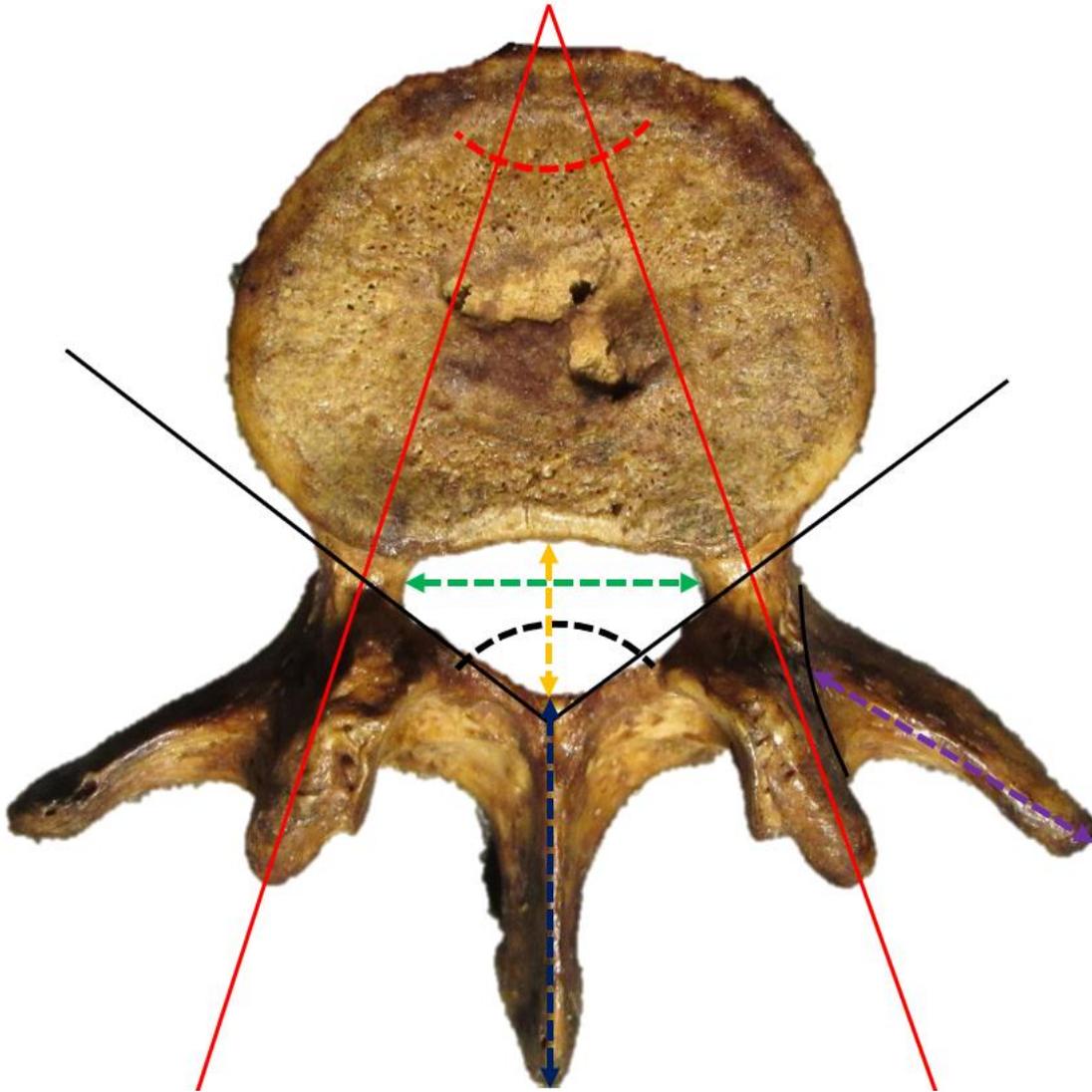
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- longitud lamina vertebral; --- longitud proceso espinoso.

Figura 3-14: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de los componentes de una vértebra torácica típica -Vista lateral izquierda.



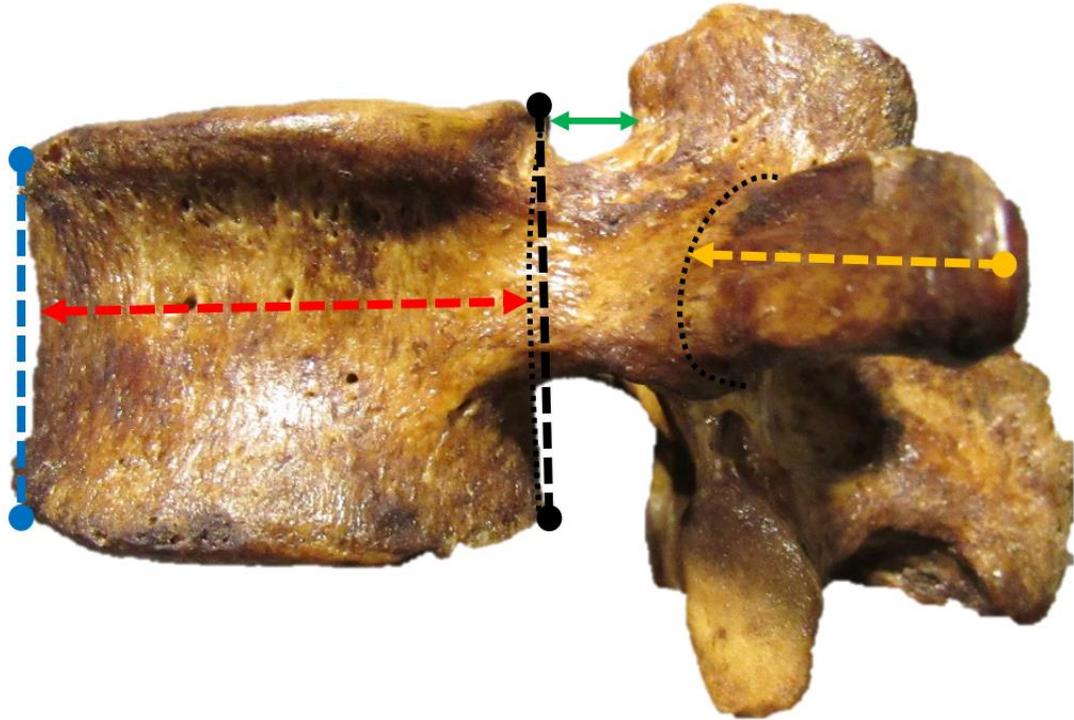
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- Altura ventral cuerpo vertebral; --- diámetro (medio) anteroposterior del cuerpo vertebral; --- altura dorsal del cuerpo vertebral; --- longitud pediculo vertebral; --- longitud del proceso transverso; --- longitud del proceso espinoso.

Figura 3-15: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de un segmento vertebral de columna lumbar -Vista superior.



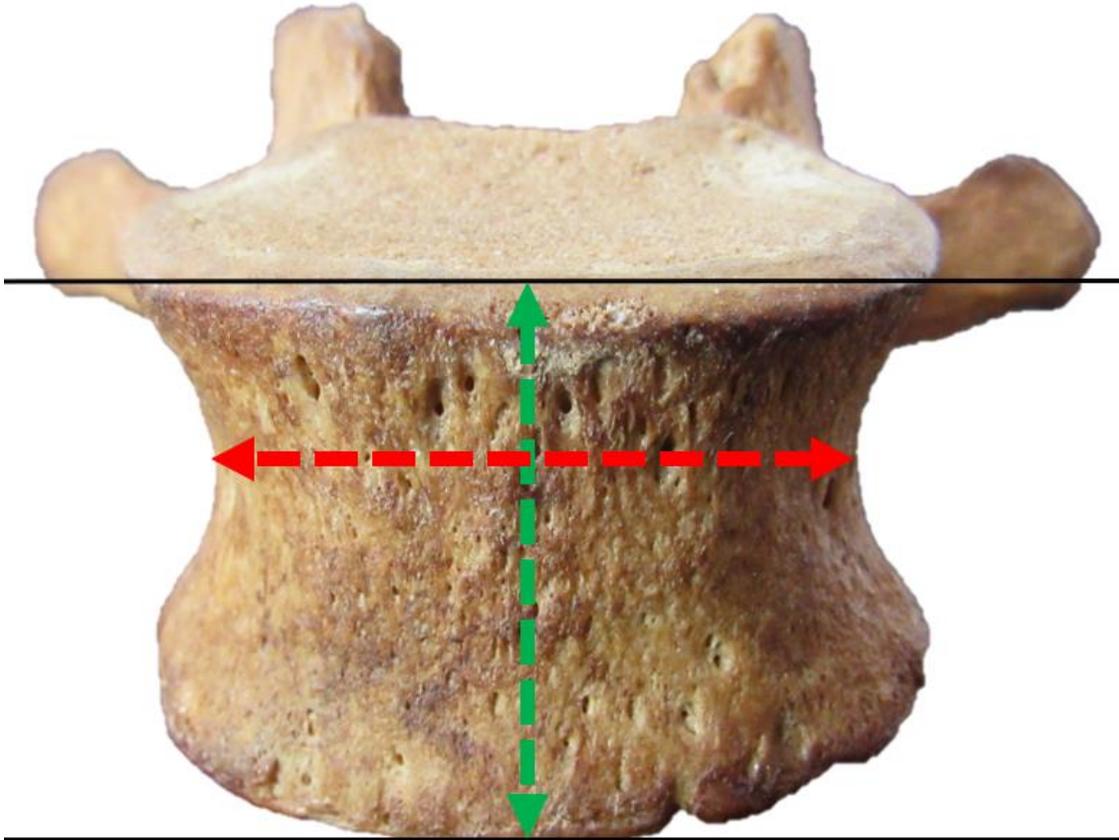
Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- ángulo laminar transversal; --- diámetro transversal del foramen vertebral; --- diámetro antero-posterior del foramen vertebral; --- longitud proceso espinoso; --- longitud proceso transverso.

Figura 3-16: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones de los componentes de una vértebra lumbar -Vista lateral izquierda.



Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- altura ventral cuerpo vertebral; --- diámetro (medio) antero-posterior del cuerpo vertebral; --- altura dorsal del cuerpo vertebral; --- longitud pedículo vertebral; --- longitud del proceso transversal.

Figura 3-17: Parámetros relacionados de las dimensiones y proyecciones del cuerpo vertebral en un segmento de columna lumbar - Vista anterior.



Fuente: elaboración propia. Fotografía de segmentos vertebrales banco de osteología Anfiteatro - Departamento de Morfología- Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia. --- diámetro transversal del cuerpo vertebral; --- altura transversal del cuerpo vertebral.

4. Capítulo 4: resultados

4.1 Presentación de los resultados

Los resultados se resumen en las tablas 4-1 a 4-8 donde se encuentran los valores de media, desviación estándar, rango mínimo y máximo para cada variable medida. A continuación, se resumen dichos resultados teniendo en cuenta la media y la desviación estándar para cada variable.

4.1.1 Osteometría columna cervical alta: segmento vertebral C1 (atlas)

- *Diámetro antero-posterior (Da-p) y diámetro transversal (Dt) de C1*
 - Los diámetros anteroposterior y transversal de la vértebra cervical C1 fueron 41.28 ± 1.92 mm y 47.84 ± 1.95 mm respectivamente.

- *Diámetro antero-posterior (Da-pFV) y transversal del foramen vertebral (Dt-FV) de C1.*
 - Los diámetros anteroposterior y transversal de la vértebra cervical C1 fueron 29.37 ± 0.54 mm y 28.49 ± 2.1 mm respectivamente.

- *Altura medial (Am-ML) y lateral (Am-ML) de la masa lateral de C1.*
 - Las alturas medial y lateral de las masas laterales de C1 fueron 13.61 ± 1.31 mm y 28.84 ± 1.76 mm respectivamente.

- *Longitud de la apófisis transversa (proceso transverso) de C1 (L-AT).*
 - La longitud del proceso transverso vertebral para los segmentos vertebrales C1 fue de 13.23 ± 1.31 mm.

Tabla 4-1. Resultados de los parámetros medidos¹ columna cervical alta: segmentos C1

Parámetro medido	Especímenes (segmentos medidos)					Media	DS	Máx	Mín
	C1 (1)	C1 (2)	C1 (3)	C1 (4)	C1 (5)				
Da-pC1	41.14	43.42	43.01	39.28	39.52	41.28	1.92	43.42	39.28
DtC1	45.01	50.09	49.18	47.73	47.22	47.84	1.95	50.09	45.01
Da-pFV	28.71	29.81	29.11	29.19	30.03	29.37	0.54	30.03	28.71
Dt-FV	25.86	30.22	26.86	28.83	30.67	28.49	2.1	30.67	25.86
Am-ML	12.61	12.21	14.26	13.51	15.47	13.61	1.31	15.47	12.21
AL-ML	28.16	31.50	28.92	26.65	28.96	28.84	1.76	31.50	26.65
L-AT	11.91	14.99	14.19	12.32	12.76	13.23	1.31	14.99	11.91

¹ **Da-pC1:** diámetro antero-posterior atlas; **DtC1:** diámetro transversal atlas; **Da-pFV:** diámetro antero-posterior del foramen vertebral; **Dt-FV:** diámetro transversal del foramen vertebral; **Am-ML:** altura medial masas laterales; **AL-ML:** altura lateral masa laterales; **L-AT:** longitud proceso transverso; **L-AE:** longitud proceso espinoso; **DS:** desviación estándar; **Max:** rango máximo; **Min:** rango mínimo. Fuente de elaboración propia.

4.1.2 Osteometría columna cervical alta: segmento vertebral C2 (Axis)

- *Altura ventral (Av-AO) y dorsal de apófisis (proceso) odontoides (Ad-AO) de C2.*
 - Las alturas ventral y dorsal del proceso odontoides fueron de 16+-1.1 mm y 10.7+-1.2 mm respectivamente.
- *Diámetro Transversal (Dt-OA) y Diámetro Antero-Posterior (Da-pAO) máximo de apófisis (proceso) odontoides.*
 - Los diámetros antero-posterior y transversal en la base del proceso odontoides se midieron como 11.8+-3.3 mm y 10.9+-1.4 mm, respectivamente.

- *Altura ventral (Av-CV) y Altura dorsal (Ad-CV) del cuerpo vertebral de C2.*
 - Las alturas anteriores y posteriores del cuerpo de C2 fueron de 20.3+-1.7mm y 16.1+-1.5 mm, respectivamente.

- *Diámetro antero-posterior (Da-pCV) y Diámetro transversal inferior del cuerpo vertebral de C2 (Dt-CV) .*
 - El diámetro Antero-Posterior y transversal del cuerpo vertebral de C2 medido en la cara vertebral inferior fueron de 14.1+-1.2 mm y 16.5+-1.5 mm, respectivamente.

- *Diámetro antero-posterior (Da-pFV) y Diámetro transversal del foramen vertebral de C2 (Dt-FV).*
 - El diámetro antero-Posterior y transversal del foramen vertebral de C2 fueron de 16.3+-1.3mm y 23+-0.7 mm, respectivamente.

- *Longitud de la apófisis transversa (L-AT)*
 - La longitud del proceso transverso vertebral para los segmentos vertebrales C2 fue de 11+-1.2mm.

- *Longitud (Largo) de la lámina vertebral.*
 - La longitud para lamina vertebral medida en los segmentos vertebrales C2 fue de 15.2+-1.3 mm.

- *Longitud (largo) de la apófisis espinosa*
 - La longitud del proceso espinoso vertebral para los segmentos vertebrales C2 fue de 17.6+-2.3mm.

4.1.3 Osteometría columna cervical baja: segmentos vertebrales C3-C7

- *Altura ventral (Av-CV) y Altura dorsal (Ad-CV) del cuerpo vertebral de C3-C7.*
 - Las alturas anteriores y posteriores del cuerpo vertebral para los segmentos C3-C7 fueron de 12.4+-1.1 mm y 12.9+-1.3 mm, respectivamente.

- *Diámetro Antero-posterior (Da-pCV) y Diámetro transversal medio del cuerpo vertebral C3-C7 (Dt-CV)* .
 - El diámetro Antero-Posterior y Transversal Medio de las vértebras cervicales bajas, fueron de 13.9+-1.0 mm y 26.3+-3.2, respectivamente.

Tabla 4-2. Resultados de los parámetros medidos¹ columna cervical alta: segmentos C2.

Parámetro medido	Especímenes (segmentos medidos)								M	DS	Máx	Mín
	C2 (1)	C2 (2)	C2 (3)	C2 (4)	C2 (5)	C2 (6)	C2 (7)	C2 (8)				
Av-AO	16.6	14.8	15.3	15.0	17.8	15.6	17.2	15.8	16	1.1	17.8	14.8
Ad-AO	9.3	11.4	11.0	8.5	10.7	11.6	11.5	11.5	10.7	1.2	11.6	8.5
Da-pAO	10.7	9.9	10.1	19.7	10.8	12.1	11.7	9.8	11.8	3.3	19.7	9.8
Dt-AO	9.5	10.3	10.6	9.7	10.5	11.2	14.0	11.5	10.9	1.4	14.0	9.5
Av-CV	18.4	21.6	19.4	19.7	18.4	21.0	23.3	20.1	20.3	1.7	23.3	18.4
Ad-CV	14.8	18.6	14.1	15.6	15.5	16.9	17.9	15.6	16.1	1.5	18.6	14.1
Da-pCV	14.6	13.6	12.8	14.4	12.6	15.3	16.2	13.5	14.1	1.2	16.2	12.6
Dt-CV	14.6	15.6	15.4	17.8	15.2	17.3	18.4	17.9	16.5	1.5	18.4	14.6
Da-pFV	17.2	16.6	16.9	15.5	16.5	13.5	17.8	16.4	16.3	1.3	17.8	13.5
Dt-FV	22.5	22.5	22.9	22.6	24.0	22.4	24.0	23.3	23	0.7	24	22.4
L-AT	11.5	13.5	9.34	10.6	10.5	10.9	10.1	11.1	11	1.2	13.5	9.3
L-LV	17.2	15.6	15.6	13.5	15.5	13.5	16.0	14.6	15.2	1.3	17.2	13.5
L-AE	18.3	17.5	13.6	16.4	15.4	20.7	20.7	19.5	17.6	2.3	20.7	13.6

¹ **Av-AO:** Altura ventral proceso odontoide; **Ad-AO:** Altura dorsal proceso odontoide; **Da-pAO:** Diámetro antero-posterior proceso odontoide; **Dt-AO:** Diámetro Transversal Proceso Odontoide; **Av-CV:** Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV:** Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV:** Diámetro Antero-Posterior cuerpo Vertebral; **Dt-CV:** Diámetro Transversal Cuerpo Vertebral; **Da-pFV:** Diámetro Antero-Posterior del Foramen Vertebral; **Dt-FV:** Diámetro transversal del Foramen Vertebral; **L-AT:** Longitud Proceso Transverso; **L-AE:** Longitud Proceso Espinoso; **M:** Media; **DS:** desviación estándar; **Max:** rango máximo; **Min:** rango mínimo. Fuente de elaboración propia.

- *Longitud (Largo) del pedículo vertebral (L-PV)*.
 - La longitud del pedículo vertebral para los segmentos vertebrales C3-C7 fue de 6.3+-1.8 mm.
- *Ángulo Transversal Superior del Pedículo Vertebral (\angle tPV)*.

- El ángulo transversal superior de los pedículos, para los segmentos vertebrales C3-C7 fue de $94.2^{\circ} \pm 8.6^{\circ}$ (grados).

Tabla 4-3 Resultados Específicos de los parámetros medidos¹ columna cervical baja: segmentos C3-C7.

Especimen	Parámetro medido											
	Av-CV	Ad-CV	Da-pCV	Dt-CV	L-PV	∠tPV	∠tLV	L-LV	L-AT	L-AE	Da-pFV	Dt-FV
1	10.9	11.4	13.4	23.5	7.4	83.3	82.0	13.6	15.5	11.1	15.1	22.6
2	11.6	11.3	13.2	17.5	6.5	92.5	93.3	11.2	16.0	13.7	14.7	23.1
3	10.8	11.5	13.8	25.4	5.9	87.7	87.3	12.7	14.6	25.1	13.8	24.1
4	14.7	16.8	14.4	30.8	5.1	93.0	92.5	11.2	17.1	32.4	13.9	22.4
5	10.7	11.1	13.0	24.8	6.2	91.8	92.8	14.3	11.2	15.6	14.5	23.1
6	11.9	13.9	13.9	29.1	4.7	92.7	95.3	12.7	10.0	19.3	13.5	23.3
7	12.4	11.8	16.0	25.6	6.2	93.0	92.3	13.7	14.8	13.3	13.9	24.3
8	12.4	12.4	12.8	22.9	5.7	62.7	97.7	13.5	15.0	13.9	13.3	22.5
9	11.4	12.3	12.8	24.5	7.3	96.0	96.7	13.3	15.0	12.2	13.2	24.8
10	13.2	13.8	14.9	26.8	13.2	95.7	93.0	12.7	12.9	12.1	13.1	21.2
11	11.5	13.5	14.7	25.1	5.4	100.1	100.1	13.3	14.2	14.4	13.7	24.3
12	11.8	12.2	13.5	23.0	8.2	100.1	100.1	12.9	14.2	14.1	13.5	24.1
13	13.6	12.7	15.1	27.0	5.3	100.1	98.0	15.7	14.9	14.7	14.2	25.6
14	12.7	13.3	14.5	25.8	4.7	100.0	100.0	12.8	16.2	16.4	12.2	21.9
15	13.0	12.9	14.4	31.3	6.5	96.7	95.0	11.5	20.0	23.7	13.7	23.4
16	13.4	13.6	12.9	29.2	6.3	96.7	100.0	10.6	18.7	29.7	13.9	22.2
17	13.5	13.8	13.7	28.7	5.4	95.0	97.7	11.6	17.2	30.1	11.8	22.2
18	13.0	13.6	14.5	28.1	4.6	100.0	100.0	12.0	13.1	14.3	13.6	22.7
19	13.7	14.8	13.4	26.8	5.3	100.0	98.3	14.3	15.3	24.1	13.9	24.7
20	11.8	13.4	14.7	30.4	6.4	100.0	101.0	12.6	17.5	23.3	14.6	23.8
21	12.8	12.4	14.6	28.6	5.7	90.0	98.3	10.7	21.9	19.2	14.3	21.9
22	12.7	12.1	11.9	24.3	6.2	105.0	103.0	14.1	13.9	13.2	14.1	24.0

¹ **Av-CV:** Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV:** Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV:** Diámetro Antero-posterior Cuerpo Vertebral; **Dt-CV:** Diámetro transversal Cuerpo Vertebral; **L-PV:** Longitud Pedículo Vertebral; **∠tPV:** Angulo Transversal Pedículo Vertebral; **∠tLV:** Angulo Transversal Lamina Vertebral; **L-LV:** Longitud Lamina Vertebral; **L-AT:** Longitud Apófisis Transversa; **L-AE:** Longitud Apófisis Espinosa; **Da-pFV:** Diámetro Antero-posterior Foramen Vertebral; **Dt-FV:** Diámetro Transversal Foramen Vertebral. Fuente de elaboración propia.

- *Ángulo Transversal de la lámina vertebral.*
 - El ángulo transversal superior de las láminas, para los segmentos vertebrales C3-C7 fue de $96.1^{\circ} \pm 4.9^{\circ}$ (grados).
- *Longitud (Largo) de la lámina vertebral.*
 - La longitud para lamina vertebral medida en los segmentos vertebrales C3-C7 fue de 12.8 ± 1.3 mm.
- *Longitud (Largo) de la apófisis transversa*

- La longitud del proceso transverso vertebral para los segmentos vertebrales C3-C7 fue de 15.4+-2.7 mm.
- *Longitud (largo) de la apófisis espinosa*
 - La longitud del proceso espinoso vertebral para los segmentos vertebrales C3-C7 fue de 18.5+-6.5 mm.
- *Diámetro Antero-posterior (Da-pFV) y Diámetro transversal del foramen vertebral (Dt-FV) de los segmentos C3-C7 .*
 - El diámetro Antero-Posterior y Transversal del foramen vertebral fueron de 13.8+-0.8 mm y 23.3+-1.1 mm, respectivamente.

Tabla 4-4: Resultados de los parámetros medidos¹ columna cervical baja: segmentos C3-C7.

Parámetro medido	Media	Desviación Estándar	Rango Máximo	Rango Mínimo
Av-CV	12.4	1.1	14.7	10.7
Ad-CV	12.9	1.3	16.8	11.1
Da-pCV	13.9	1.0	16.0	11.9
Dt-CV	26.3	3.2	31.3	17.5
L-PV	6.3	1.8	13.2	4.6
∠tPV	94.2	8.6	105	62.7
∠tLV	96.1	4.9	103	82
L-LV	12.8	1.3	15.7	10.6
L-AT	15.4	2.7	21.9	10
L-AE	18.5	6.5	32.4	11.1
Da-pFV	13.8	0.8	15.1	11.6
Dt-FV	23.3	1.1	25.6	21.2

¹ **Av-CV:** Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV:** Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV:** Diámetro Antero-posterior Cuerpo Vertebral; **Dt-CV:** Diámetro transversal Cuerpo Vertebral; **L-PV:** Longitud Pedículo Vertebral; **∠tPV:** Angulo Transversal Pedículo Vertebral; **∠tLV:** Angulo Transversal Lamina Vertebral; **L-LV:** Longitud Lamina Vertebral; **L-AT:** Longitud Apófisis Transversa; **L-AE:** Longitud Apófisis Espinosa; **Da-pFV:** Diámetro Antero-posterior Foramen Vertebral; **Dt-FV:** Diámetro Transversal Foramen Vertebral. Fuente de elaboración propia.

4.1.4 Osteometría columna torácica T1-T12

- *Altura ventral (Av-CV) y Altura dorsal (Ad-CV) del cuerpo vertebral de T1-T12.*
 - Las alturas anteriores y posteriores del cuerpo vertebral para los segmentos T1-T12 fueron de 18.0+-2.6 mm y 19.1+-3.0 mm, respectivamente.

- *Diámetro Antero-posterior (Da-pCV) y Diámetro transversal medio del cuerpo vertebral (Dt-CV) T1-T12 .*
 - El diámetro Antero-Posterior y Transversal Medio de las vértebras torácicas, fueron de 21.1+-4.3 mm y 26.8+-3.7 mm, respectivamente.

- *Longitud (Largo) del pedículo vertebral (L-PV).*
 - La longitud del pedículo vertebral para los segmentos vertebrales T1-T12 fue de 7.9+-1.8 mm.

- *Ángulo Transversal Superior del Pedículo Vertebral (α tPV).*
 - El ángulo transversal superior de los pedículos, para los segmentos vertebrales T1-T12 fue de 21.6+-21.0° (grados).

- *Ángulo Transversal de la lámina vertebral.*
 - El ángulo transversal superior de las láminas, para los segmentos vertebrales T1-T12 fue de 94+-8.9° (grados).

- *Longitud (Largo) de la lámina vertebral.*
 - La longitud para lamina vertebral medida en los segmentos vertebrales T1-T12 fue de 7.6+-2.1 mm.

- *Longitud (Largo) de la apófisis transversa*
 - La longitud del proceso transversal vertebral para los segmentos vertebrales T1-T12 fue de 18.0+-3.3 mm.

- *Longitud (largo) de la apófisis espinosa*
 - La longitud del proceso espinoso vertebral para los segmentos vertebrales T1-T12 fue de 33.0+-7.5 mm.

- *Diámetro Antero-posterior (Da-pFV) y Diámetro transversal del foramen vertebral (Dt-FV) de los segmentos T1-T12.*

- El diámetro Antero-Posterior y Transversal del foramen vertebral para los segmentos vertebrales T1-T12 fueron de 15.1+-1.3mm y 17.0+-2.1 mm, respectivamente.

Tabla 4-5 Resultados Específicos de los parámetros medidos¹ columna torácica: segmentos T1-T12

Especimen	Parámetro medido											
	Av-CV	Ad-CV	Da-pCV	Dt-CV	L-PV	∠tPV	∠tLV	L-LV	L-AT	L-AE	Da-pFV	Dt-FV
1	18.5	18.5	17.0	24.5	5.8	64.3	75	8.5	17.9	31.3	13.5	18.2
2	20.4	21.7	25.4	29.8	6.3	32.0	98	5.8	21.9	29.3	12.8	17.9
3	15.6	15.5	15.8	25.8	4.4	62.3	82	8.3	16.7	31.3	13.9	16.5
4	19.8	22.7	24.2	29.0	6.4	15.7	107	5.6	22.7	32.7	15.7	17.9
5	16.5	16.9	20.6	26.0	5.1	24.3	82	7.7	18.1	26.2	14.4	15.2
6	14.2	14.5	15.1	27.3	5.7	65.0	91	12.2	32.3	30.3	14.3	19.3
7	22.4	24.3	25.4	33.4	6.1	7.3	94	8.8	15.8	16.6	16.7	17.4
8	18.9	20.6	27.2	31.4	6.3	18.7	82	5.3	19.8	26.0	13.5	15.8
9	18.3	19.6	22.9	27.3	7.2	5.0	84	5.2	19.4	37.4	17.4	16.5
10	16.6	18.6	21.8	23.9	8.3	4.7	110	5.9	18.8	34.1	14.8	14.8
11	18.2	19.9	24.0	26.3	9.9	6.7	110	6.0	20.4	48.8	15.1	17.4
12	18.7	18.4	18.2	23.1	5.3	17.7	94	6.4	21.0	35.3	16.7	18.4
13	20.5	22.6	28.4	28.8	9.1	5.3	93	6.1	19.9	26.4	14.7	15.8
14	23.2	26.8	32.1	30.1	10.9	6.3	90	6.3	21.7	40.4	15.3	17.2
15	16.2	18.8	14.4	32.0	12.5	50.0	104	10.4	16.9	34.0	15.0	20.4
16	18.7	22.0	27.2	35.9	8.0	17.3	90	5.9	18.6	27.8	14.6	17.2
17	17.6	18.7	23.6	24.2	8.4	5.5	101	6.7	21.4	45.6	17.0	17.8
18	18.1	19.9	15.6	27.9	6.5	25.2	92	8.4	18.3	32.8	15.3	17.2
19	18.7	18.8	22.1	23.2	8.7	5.3	89	7.2	20.6	41.7	16.7	18.3
20	17.6	18.7	21.5	27.7	7.6	5.7	101	7.3	23.3	42.4	16.3	16.5
21	22.9	24.5	29.1	37.3	10.3	6.0	105	7.1	10.4	26.8	17.6	20.6
22	19.2	19.9	23.5	27.7	9.6	5.3	88	7.6	21.0	38.1	17.4	17.1
23	18.1	18.4	17.4	27.4	7.2	16.4	80	9.2	22.2	32.7	14.1	15.0
24	19.6	19.4	24.0	28.2	9.6	6.7	93	7.2	18.0	29.5	14.2	17.1
25	15.8	16.1	14.7	24.2	7.1	14.3	85	8.3	16.1	31.9	14.3	15.8
26	19.6	21.5	22.5	24.1	9.6	5.3	111	15.0	22.3	48.4	16.3	17.7
27	16.6	18.4	23.5	24.4	9.7	10.3	100	6.4	19.8	44.7	15.7	15.1
28	16.9	17.7	20.8	24.6	8.2	5.3	103	7.5	19.1	46.2	14.8	18.0

Tabla 4 5: (Continuación)

Especimen	Parámetro medido											
	Av-CV	Ad-CV	Da-pCV	Dt-CV	L-PV	«tPV	«tLV	L-LV	L-AT	L-AE	Da-pFV	Dt-FV
29	20.1	20.7	24.6	26.2	10.6	5.7	107	7.7	21.5	39.8	16.4	17.5
30	15.7	17.2	23.9	26.0	11.0	5.0	102	5.3	17.3	40.2	14.8	15.9
31	16.7	16.9	16.6	24.2	6.9	5.7	88	9.8	19.5	34.4	16.6	17.1
32	20.7	21.7	24.3	28.8	7.9	4.7	107	4.7	20.7	52.0	12.7	14.3
33	17.6	18.7	21.7	23.0	9.5	4.3	102	5.4	19.3	43.8	15.2	15.1
34	20.6	23.3	23.0	32.7	7.0	10.3	98	6.2	11.3	20.1	17.0	20.7
35	15.8	16.7	17.5	25.9	6.7	20.3	92	9.7	15.9	34.0	15.1	16.8
36	16.7	15.6	17.7	27.2	7.7	13.7	100	9.4	18.0	35.5	13.7	15.4
37	17.4	17.9	16.9	27.4	6.4	18.3	99	8.7	18.2	33.6	15.8	19.9
38	18.5	20.7	21.0	24.4	8.6	6.3	94	6.0	21.2	32.9	15.6	17.3
39	15.9	16.5	20.1	25.2	6.0	6.3	92	7.3	15.1	36.6	12.9	14.1
40	20.7	24.9	23.4	35.2	8.3	0.0	104	6.2	10.2	22.1	18.5	22.0
41	15.7	17.0	16.0	29.3	6.1	86.3	111	11.7	14.7	33.1	15.0	22.5
42	14.0	15.5	15.8	26.4	7.1	52.3	100	9.8	14.2	34.2	14.0	16.7
43	19.5	20.2	24.6	30.7	9.0	5.0	87	5.1	14.7	23.3	14.5	14.2
44	13.6	15.9	17.5	24.2	7.3	41.3	93	11.1	14.1	31.1	13.6	19.4
45	17.4	15.9	18.0	23.5	6.9	12.3	76	7.5	17.3	27.5	14.7	15.5
46	17.6	19.4	21.6	25.5	7.7	8.3	76	5.4	19.5	45.8	14.1	14.5
47	22.7	23.4	26.2	27.3	7.7	8.3	93	6.2	21.7	40.8	15.1	18.1
48	15.4	15.5	17.4	22.6	6.3	27.7	90	8.8	16.7	29.1	13.6	13.2
49	17.6	18.8	21.3	23.5	8.0	6.3	75	7.4	19.0	40.7	13.4	14.1
50	22.2	21.9	27.4	29.3	10.9	18.3	99	9.1	19.0	31.1	16.3	18.6
51	21.1	20.8	24.4	27.4	11.6	43.0	91	9.7	20.0	33.8	15.9	18.0
52	21.1	21.4	25.7	27.8	11.1	10.7	104	5.3	21.1	39.6	15.7	15.7
53	21.4	21.9	25.4	29.7	10.8	7.3	86	9.0	17.0	33.5	15.7	18.3
54	15.8	17.1	18.9	28.4	7.2	45.0	91	8.6	18.1	36.9	13.9	15.9
55	23.0	25.4	29.7	35.1	8.5	0.0	112	7.2	10.0	19.1	17.6	19.6
56	17.4	16.7	15.5	25.6	4.8	37.7	90	10.0	15.8	27.6	14.8	16.4
57	18.4	21.7	24.0	31.0	7.2	11.0	94	6.0	15.4	19.1	15.2	18.7
58	17.0	16.7	16.2	28.3	6.7	47.7	103	10.0	16.7	35.1	16.4	18.4
59	17.8	18.8	23.2	26.7	9.4	12.0	90	5.4	20.9	50.5	14.9	17.3
60	17.3	19.2	16.5	23.9	9.8	48.3	89	9.5	17.6	22.7	19.0	19.0

Tabla 4 5: (Continuación)

Especimen	Parámetro medido											
	Av-CV	Ad-CV	Da-pCV	Dt-CV	L-PV	∠tPV	∠tLV	L-LV	L-AT	L-AE	Da-pFV	Dt-FV
61	17.0	17.9	15.8	27.0	7.2	64.3	100	9.6	17.4	35.0	14.3	17.3
62	15.6	17.6	17.0	28.4	6.8	42.0	94	9.8	17.5	31.3	14.7	20.8
63	23.8	26.1	28.7	31.1	6.5	12.0	95	5.7	16.2	23.8	13.8	17.6
64	14.3	13.8	15.3	24.4	5.8	60.0	103	11.0	14.5	23.1	12.9	19.3
65	23.6	23.1	26.0	32.4	10.4	7.0	104	9.6	15.9	22.8	16.7	18.6
66	23.6	25.2	28.0	29.5	8.3	7.0	79	7.7	19.5	30.5	14.4	17.9
67	16.7	17.2	19.3	26.6	5.4	33.0	83	7.6	15.2	31.2	13.6	14.9
68	15.6	16.2	18.4	21.9	6.3	12.0	82	6.0	18.0	31.3	14.0	12.3
69	15.0	16.3	21.3	21.9	6.5	9.0	90	6.0	18.3	35.5	14.8	15.9
70	18.9	19.4	24.7	26.8	9.4	12.0	96	5.5	18.3	28.1	14.2	16.7
71	16.3	16.6	16.1	30.6	6.2	57.0	92	10.3	16.4	29.1	13.9	19.6
72	20.5	22.9	26.1	25.0	6.9	34.0	84	5.1	22.5	32.3	15.2	17.2
73	19.2	18.8	20.0	23.1	6.4	15.0	97	7.4	20.7	34.1	17.1	18.1
74	15.5	17.4	16.4	33.2	6.0	54.0	97	11.3	14.5	31.3	14.7	20.5
75	21.7	25.5	24.5	31.3	8.1	10.0	92	7.3	10.4	25.2	16.2	18.1
76	20.0	21.4	24.1	30.3	9.6	8.0	84	5.9	19.0	26.6	16.9	16.9
77	15.7	15.9	18.1	21.5	7.2	15.0	95	6.8	16.5	28.9	14.8	16.4
78	13.4	14.6	14.5	24.8	6.1	58.0	94	10.3	12.0	27.3	12.8	16.2
79	15.1	14.3	16.2	22.9	5.0	28.0	95	9.4	18.1	29.2	13.6	13.4
80	15.6	15.9	17.2	20.2	7.7	97.0	90	6.2	19.4	26.8	14.5	12.8
81	15.8	17.0	18.3	20.5	18.1	6.0	86	4.1	18.1	29.7	14.7	13.2
82	16.5	17.3	19.3	20.6	9.4	6.0	96	4.1	18.6	32.2	14.9	13.4
83	16.4	17.9	19.9	22.0	9.6	6.3	86	4.1	18.2	31.5	14.9	13.9
84	13.6	14.9	15.9	22.2	7.9	41.0	102	10.9	13.5	29.8	13.9	19.5
85	16.1	16.4	16.7	21.9	7.4	14.8	95	9.3	16.3	28.8	14.7	16.9
86	17.1	16.8	19.5	23.8	8.0	18.7	81	5.8	18.2	27.9	14.6	17.3
87	18.3	17.5	22.0	24.0	10.7	9.7	91	5.1	17.6	43.5	14.6	16.4
88	17.7	17.7	23.9	23.9	10.6	7.0	84	5.6	17.4	48.5	15.0	16.5

¹ **Av-CV:** Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV:** Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV:** Diámetro Antero-posterior Cuerpo Vertebral; **Dt-CV:** Diámetro transversal Cuerpo Vertebral; **L-PV:** Longitud Pedículo Vertebral; **∠tPV:** Angulo Transversal Pedículo Vertebral; **∠tLV:** Angulo Transversal Lamina Vertebral; **L-LV:** Longitud Lamina Vertebral; **L-AT:** Longitud Apófisis Transversa; **L-AE:** Longitud Apófisis Espinosa; **Da-pFV:** Diámetro Antero-posterior Foramen Vertebral; **Dt-FV:** Diámetro Transversal Foramen Vertebral. Fuente de elaboración propia.

Tabla 4-6: Resultados de los parámetros medidos¹ en columna torácica: segmentos T1-T12.

Parámetro medido	Media	Desviación Estándar	Rango Máximo	Rango Mínimo
Av-CV	18.0	2.6	23.8	13.4
Ad-CV	19.1	3.0	26.8	13.8
Da-pCV	21.1	4.3	32.1	14.4
Dt-CV	26.8	3.7	37.3	20.2
L-PV	7.9	1.8	12.5	4.4
∠tPV	21.6	21.0	97	4.3
∠tLV	94	8.9	112	75
L-LV	7.6	2.1	15.0	4.1
L-AT	18.0	3.3	32.3	10
L-AE	33.0	7.5	52.0	17
Da-pFV	15.1	1.3	19.0	13
Dt-FV	17.0	2.1	22.5	12

¹ **Av-CV:** Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV:** Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV:** Diámetro Antero-posterior Cuerpo Vertebral; **Dt-CV:** Diámetro transversal Cuerpo Vertebral; **L-PV:** Longitud Pedículo Vertebral; **∠tPV:** Angulo Transversal Pedículo Vertebral; **∠tLV:** Angulo Transversal Lamina Vertebral; **L-LV:** Longitud Lamina Vertebral; **L-AT:** Longitud Apófisis Transversa; **L-AE:** Longitud Apófisis Espinosa; **Da-pFV:** Diámetro Antero-posterior Foramen Vertebral; **Dt-FV:** Diámetro Transversal Foramen Vertebral. Fuente de elaboración propia.

4.1.5 Osteometría columna lumbar: segmentos L1-L5

- *Altura ventral (Av-CV) y Altura dorsal (Ad-CV) del cuerpo vertebral de L1-L5.*
 - Las alturas anteriores y posteriores del cuerpo vertebral para los segmentos L1-L5 fueron de 25.9+-1.9 mm y 25.2+-2.7mm, respectivamente.
- *Diámetro Antero-posterior (Da-pCV) y Diámetro transversal medio del cuerpo vertebral C3-C7 (Dt-CV).*
 - El diámetro Antero-Posterior y Transversal Medio de las vértebras lumbares, fueron de 27.6+-2.3 mm y 38.6+-3.6 mm, respectivamente.
- *Longitud (Largo) del pedículo vertebral (L-PV).*
 - La longitud del pedículo vertebral para los segmentos vertebrales L1-L5 fue de 7.5+-1.1mm.
- *Ángulo Transversal Superior del Pedículo Vertebral (∠tPV).*
 - El ángulo transversal superior de los pedículos, para los segmentos vertebrales L1-L5 fue de ° (grados).
- *Ángulo Transversal de la lámina vertebral.*

- El ángulo transversal superior de las láminas, para los segmentos vertebrales L1-L5 fue de $99\pm 7.0^\circ$ (grados).
- *Longitud (Largo) de la lámina vertebral.*
 - La longitud para lamina vertebral medida en los segmentos vertebrales L1-L5 fue de 10.1 ± 1.6 mm.
- *Longitud (Largo) de la apófisis transversa*
 - La longitud del proceso transversal vertebral para los segmentos vertebrales L1-L5 fue de 20.9 ± 3.8 mm.
- *Longitud (largo) de la apófisis espinosa*
 - La longitud del proceso espinoso vertebral para los segmentos vertebrales L1-L5 fue de 31.2 ± 3.9 mm.
- *Diámetro Antero-posterior (Da-pFV) y Diámetro transversal del foramen vertebral (Dt-FV) de los segmentos L1-L5.*
 - El diámetro Antero-Posterior y Transversal del foramen vertebral fueron de 15.5 ± 1.4 mm y 21.8 ± 2.1 mm, respectivamente.

Tabla 4-7: Resultados Específicos de los parámetros medidos¹ columna Lumbar: segmentos L1-L5.

Especimen	Parámetro medido											
	Av-CV	Ad-CV	Da-pCV	Dt-CV	L-PV	∠tPV	∠tLV	L-LV	L-AT	L-AE	Da-pFV	Dt-FV
1	29.1	30.5	29.0	38.2	7.2	7	102	7.3	23.4	25.9	14.6	20.7
2	27.3	29.7	29.3	41.7	6.2	7	104	11.1	16.2	25.9	16.1	20.6
3	26.1	24.3	30.9	39.5	8.1	20	89	11.9	13.0	30.2	16.0	20.4
4	25.4	26.2	28.5	39.3	7.1	10	101	6.8	18.6	33.6	14.2	18.8
5	29.3	19.7	30.0	43.0	5.6	54	97	12.3	26.4	26.1	16.3	27.2
6	24.9	27.1	22.7	33.7	7.8	9	81	8.2	20.2	31.9	17.0	20.1
7	24.7	22.3	27.0	44.1	8.2	42	90	10.6	20.4	30.0	16.0	23.2
8	27.6	28.2	27.7	37.5	8.1	13	103	10.2	17.7	29.1	15.6	23.1
9	22.0	27.2	30.3	38.4	6.8	18	106	10.4	23.2	31.0	13.6	22.8
10	26.8	26.6	26.4	35.5	7.8	11	103	7.4	25.1	33.6	15.3	20.6
11	23.8	24.3	24.7	36.4	8.8	19	95	8.5	23.2	32.1	14.3	19.4
12	24.7	26.6	25.0	34.8	8.3	13	100	11.1	25.7	30.1	17.0	21.0
13	27.1	21.3	30.0	40.7	9.2	29	98	12.0	22.2	23.7	16.4	24.5
14	25.1	23.3	26.0	35.7	6.4	19	94	8.4	19.2	28.1	13.6	20.2
15	22.4	26.6	24.0	38.6	9.0	7	109	8.3	13.8	25.7	17.7	24.8
16	25.3	24.8	27.7	42.1	7.8	12	100	8.4	19.0	33.3	14.3	23.3

Tabla 4 7: (Continuación)

Especimen	Parámetro medido											
	Av-CV	Ad-CV	Da-pCV	Dt-CV	L-PV	∠tPV	∠tLV	L-LV	L-AT	L-AE	Da-pFV	Dt-FV
17	26.5	26.3	27.8	39.9	5.8	14	95	7.8	25.2	38.8	14.3	20.8
18	22.6	23.1	23.7	33.1	9.1	8	99	10.2	18.6	27.1	17.3	18.8
19	25.4	26.1	29.3	36.6	7.6	10	98	11.0	22.7	28.5	16.4	22.8
20	26.6	29.4	26.6	35.0	8.4	9	100	10.6	17.4	29.7	16.5	20.6
21	27.9	20.8	28.7	43.3	8.2	44	103	10.8	17.7	30.4	15.3	24.9
22	26.5	22.9	30.0	44.2	7.4	30	78	13.5	19.8	25.7	16.8	26.4
23	27.8	29.7	26.0	37.5	6.7	10	104	9.3	20.7	34.7	14.9	20.7
24	23.3	23.6	24.0	35.9	6.5	21	98	9.1	18.0	31.0	16.3	20.7
25	24.8	24.8	26.4	33.7	6.6	9	110	8.2	21.8	32.4	12.5	20.5
26	25.2	27.0	28.3	36.1	7.1	10	105	11.2	24.3	35.2	15.6	20.3
27	27.1	25.7	28.7	38.6	8.2	12	99	9.7	25.2	39.3	15.0	21.1
28	24.9	25.8	27.4	38.7	6.5	11	102	9.2	18.5	36.8	15.1	20.8
29	26.4	25.2	29.6	48.6	5.8	65	88	12.2	30.1	31.6	15.8	23.6
30	25.3	19.0	28.0	46.3	8.8	7	98	9.7	14.2	29.4	14.3	19.1
31	27.9	22.0	31.0	40.2	6.6	20	98	11.9	17.5	31.1	14.0	23.8
32	22.7	27.7	33.0	39.9	7.0	11	105	9.6	23.1	33.7	12.6	22.5
33	25.6	27.7	28.0	38.2	7.9	25	105	10.3	17.8	35.1	17.7	23.2
34	29.1	21.7	26.0	39.2	8.1	45	100	11.9	24.8	27.3	15.0	21.5
35	27.0	25.0	28.3	42.2	6.0	30	93	10.5	21.9	35.8	14.8	21.6
36	25.8	28.3	27.0	36.1	8.2	12	102	11.9	24.5	37.1	15.5	18.7
37	28.5	24.0	30.0	39.6	5.7	12	103	10.7	23.6	33.3	14.1	22.7
38	25.2	25.6	27.0	35.8	6.2	8	98	9.6	16.7	30.9	16.0	19.5
39	22.6	25.5	23.0	33.1	8.0	15	104	10.0	20.7	26.9	16.1	21.8
40	27.3	24.0	26.9	35.7	8.9	10	106	10.3	23.9	37.0	16.4	21.4
41	27.8	22.7	27.0	37.5	8.9	66	84	13.2	19.1	28.2	18.5	24.3

¹**Av-CV**: Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV**: Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV**: Diámetro Antero-posterior Cuerpo Vertebral; **Dt-CV**: Diámetro transversal Cuerpo Vertebral; **L-PV**: Longitud Pedículo Vertebral; **∠tPV**: Angulo Transversal Pedículo Vertebral; **∠tLV**: Angulo Transversal Lamina Vertebral; **L-LV**: Longitud Lamina Vertebral; **L-AT**: Longitud Apófisis Transversa; **L-AE**: Longitud Apófisis Espinosa; **Da-pFV**: Diámetro Antero-posterior Foramen Vertebral; **Dt-FV**: Diámetro Transversal Foramen Vertebral. Fuente de elaboración propia

Tabla 4-8: Resultados de los parámetros medidos¹ en Columna Lumbar: segmentos L1-L5.

Parámetro medido	Media	Desviación Estándar	Rango Máximo	Rango Mínimo
Av-CV	25.9	1.9	29.3	22
Ad-CV	25.2	2.7	30.5	19
Da-pCV	27.6	2.3	33.0	23
Dt-CV	38.6	3.6	48.6	33.1
L-PV	7.5	1.1	9.2	5.6
∠tPV	19.7	15.6	65.7	6.7
∠tLV	99	7.0	110	78
L-LV	10.1	1.6	13.5	6.8
L-AT	20.9	3.8	30.1	13
L-AE	31.2	3.9	39.3	23.7
Da-pFV	15.5	1.4	18.5	12.5
Dt-FV	21.8	2.1	27.2	18.7

¹ **Av-CV:** Altura Ventral Cuerpo Vertebral; **Ad-CV:** Altura Dorsal Cuerpo Vertebral; **Da-pCV:** Diámetro Antero-posterior Cuerpo Vertebral; **Dt-CV:** Diámetro transversal Cuerpo Vertebral; **L-PV:** Longitud Pedículo Vertebral; **∠tPV:** Angulo Transversal Pedículo Vertebral; **∠tLV:** Angulo Transversal Lamina Vertebral; **L-LV:** Longitud Lamina Vertebral; **L-AT:** Longitud Apófisis Transversa; **L-AE:** Longitud Apófisis Espinosa; **Da-pFV:** Diámetro Antero-posterior Foramen Vertebral; **Dt-FV:** Diámetro Transversal Foramen Vertebral. Fuente de elaboración propia.

4.1.6 Catálogo digital: osteometría de la columna vertebral

Como producto final se desarrolló un catálogo digital en internet, donde se ha organizado el trabajo práctico llevado a cabo, el cual contiene láminas de los diferentes segmentos en estudio; donde se incluye las técnicas de medición, resultados osteométricos y la descripción morfológica respectiva de cada vertebra. Mediante este recurso cualquier persona que esté interesada en la anatomía de la columna vertebral, puede tener acceso a esta revisión.

El catálogo se titula -LA COLUMNA VERTEBRAL: evaluación osteométrica y morfológica.

Aquí podrás encontrar una gama de contenido referente a características morfológicas de los diferentes segmentos de la columna vertebral, como también las principales variables osteométricas y parámetros de medición a tener en cuenta durante una evaluación osteométrica de las diferentes regiones de la columna vertebral. De acuerdo con su relevancia dentro del ámbito clínico, biomédico e investigativo; Estudios publicados recientemente relacionados con osteometría de columna vertebral; Índices osteométricos estándar recomendados y características (zonas) fácilmente accesibles e identificables.

En su contenido, se muestra una breve descripción morfológica para cada segmento vertebral, al pie de página el botón (LEER MÁS) lo llevara a encontrar rápidamente información detallada de cada segmento vertebral.

En el ítem -galería fotográfica- se encuentra el contenido referente a osteometría y morfología de las diferentes regiones de la columna vertebral.

Para obtener mayor información y características específicas, póngase en contacto a través del siguiente correo: ebeltran@unal.edu.co.

Para acceder a la información mencionada anteriormente ingrese al siguiente enlace: <https://ebeltran81.wixsite.com/morfocvertebral>

4.2 Análisis de los resultados y discusión

Según Pal & Routal (1986,1987), en la columna vertebral presenta un cambio progresivo del soporte y transmisión de cargas tanto en el componente vertical (céfalo-caudal) como antero-posterior; en el componente vertical por el aumento progresivo del peso corporal superior a la pélvis (tronco y cabeza), mientras que el componente anteroposterior se ve afectado específicamente por el acentuamiento de las curvaturas del raquis, con mayor impacto en sus ápices y las zonas de transición entre regiones vertebrales. Generalmente en las regiones vertebrales de curvatura lordótica tienden a someterse a un mayor estrés de su componente posterior del segmento vertebral; mientras que las regiones de curvatura cifótica soportan mayor estrés en el componente anterior de sus segmentos vertebrales. Dichos cambios de carga durante la transmisión tridimensional de peso en la columna vertebral explican, por lo tanto, en parte, los resultados osteométricos obtenidos en este estudio.

En el presente estudio se observó una amplitud relativamente mayor en los diámetros antero-posteriores y medio-laterales (transversales) de los cuerpos vertebrales

específicamente en segmentos lumbares, por su parte la primera vértebra cervical que carece de cuerpo vertebral a razón del poco peso soportado (cráneo y masa encefálica) y las estructuras anatómicas aceptadas (cóndilos occipitales) sobre sus masas laterales, también presenta una mayor amplitud en dichos componentes (tomada desde los bordes laterales), pero para este caso a razón de su función principal: servir de enlace estable en la unión cráneo-cervical. Los resultados de los segmentos torácicos muestran una disminución en la amplitud antero-posteriores y medio-lateral de sus cuerpos vertebrales, aunque con un aumento discretamente progresivo de los mismos en sentido céfalo-caudal; la razón de estas dimensiones se da gracias a que el peso corporal en esta zona se disipa en parte por la reja costal y esternón.

El ángulo pedicular transversal de columna vertebral muestra una disminución significativa en sentido céfalo-caudal desde $94.2 \pm 8.6^\circ$ en la región cervical (baja), $21.6 \pm 21.0^\circ$ en la región torácica, hasta $19.7 \pm 15.6^\circ$ en la región lumbar; esto evidencia un descenso abrupto en la región torácica, el cual no es tan marcado en columna lumbar. El ángulo pedicular transversal en columna vertebral está alineado a la orientación de las apófisis transversas, producto de la tracción de la musculatura allí insertada además de la disposición de las costillas (en la zona torácica) y transmisión de cargas en la zona lumbar.

5. Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Los resultados determinados en la evaluación osteométrica y morfológica de vertebras secas obtenidos del banco de osteología existente en el Anfiteatro del Departamento de Morfología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, son en general, acordes con los resultados reportados en la literatura.

El nivel y la función de cada región vertebral sigue siendo uno de los principales factores que afectan al tamaño y las características de los diferentes segmentos vertebrales. Debido en gran parte al aumento de peso en sentido céfalo-caudal y al cambio de peso de la columna posterior a la columna anterior en las diferentes curvaturas.

Teniendo en cuenta que el cuerpo humano es complejo y hay una alta variabilidad en la estructura anatómica de la columna vertebral, existen otros factores como la edad, el peso y el índice de masa corporal, que pueden afectar el tamaño de esta.

Queda claro durante el desarrollo de este estudio que, para el establecimiento de estándares y referencias, no es suficiente los análisis morfométricos y descriptivos de la muestra, sino que además se requiere contar con información demográfica para establecer la relación entre sociedad y biología esquelética. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio ayudarán al cirujano durante muchos procedimientos quirúrgicos para la descompresión y/o fijación de las unidades funcionales de la columna vertebral. Conocer el tamaño y la forma exacta de los segmentos vertebrales es un factor importante en los procesos de diagnóstico y tratamiento de diferentes deformidades de la columna vertebral. Permitiendo así una planificación más precisa de las operaciones, elegir dispositivos o injertos óseos adecuados, y placas de fijación o tornillos acordes a los diferentes niveles vertebrales.

De acuerdo con la experiencia durante la realización de este estudio, se demuestra también la importancia de mantener en buen estado las colecciones esqueléticas

enfaticando en su conservación, con el fin de garantizar la plena pertinencia para el desarrollo de métodos y técnicas contemporáneas que favorecen la investigación en los diversos campos aplicados en contextos forenses, biomédicos, clínicos y de la antropología física.

Catalogar los restos esqueléticos, que actualmente existen en el Anfiteatro de Morfología, es un primer paso para tener una base de datos adecuada, y un archivo que pueda ser utilizado apropiadamente por las personas interesadas.

5.2 Recomendaciones

Este estudio comprende la medición de parámetros osteométricos para los segmentos de cada región vertebral. Sin embargo, no cuenta con información relacionada a sexo, edad, estatura, ocupación laboral, peso, índice de masa corporal, por tal razón es necesario llevar a cabo más estudios para analizar el afecto de estos factores que influyen en las características anatómicas de los diferentes segmentos vertebrales.

Se necesitan más estudios con muestras más grandes para apoyar nuestros datos y se requieren correlaciones con estudios biomecánicos para validar sus implicaciones.

6. Bibliografía

- Zhuang, Z., Chen, Y., Hui, H., Shijian, C., Xinjia, W., Weili, Q., & Kangmei, K. (2011). Thoracic Pedicle Morphometry in Different Body Height Population; A Three-Dimensional Study Using Reformatted Computed Tomography. *Spine Anatomy*, 1547–1554.
- A. I., K. (2012). *Fisiología Articular Tomo 3. Tronco y raquis*. Editorial Medica Panamericana.
- CD, S., & D., V. (2000). *Current Topics in Developmental Biology*. Elsevier.
- Fuat, T., Habibullah, D., Hakan, T., Ayhan, A., Aysun, U., & Atilla, E. (2006). Morphometric analysis of the roots and neural foramina of the lumbar vertebrae. *Surgical Neurology*, 148–151.
- Jakobus Ruhli, F. (2003). *Osteometric Variation of the Human Spine in Central Europe by Historic Time Period And Its Mricroevolutionary Implications*. Adelaide-Australia: The University of Adelaide-Australia.
- Keit L., M., Arthur F., D., & Ane M. R., A. (2010). *Anatomia con Orientacion Clinica*. España: Wolters Kluwer.
- Liu, J., Napolitano, J., & Ebraheim, N. (2010). Systematic Review of Cervical Pedicle Dimensions. *Spine*, 1373–1380.
- M Patel, M., & T C, S. (2011). Osteometric Dimensions of The Laminas of The Spine. *Journal Anatomy Society*, 13-21.
- Mohamed A., M., Adel, S., & Mohey E.E., H. (2010). Morphological measurements of lumbar pedicles in Egypti an population using computerized tomography and cadaver direct

- caliber measurements. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 475–481.
- NADERI, S., ARMAN, C., GÜVENÇER, M., KORMAN, E., SENOGLU, M., TETIK, S., & ARDA, M. (2006). Morphometric Analysis of The C2 Body and the Odontoid Process. *Turkish Neurosurgery*, 14-18.
- R.E. , B., S. , S., & P.K. , M. (2014). A clock and wavefront mechanism for somite formation. *Legal Medicine*, 5.
- Shankar , A., Tsewang, D., & Abhishek , S. (2010). Lower Dorsal and Lumbar Pedicle Morphometry in Indian Population. *Spine*, 378–384.
- Standring, S. (2008). *GRAY'S Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. London, UK.: Elsevier.
- Tyagi, S., & Kant Narayan, R. (2018). Study of the morphometric variations of the neural arch in the lumbar vertebrae in adult human skeleton of North Indian population. *International Journal of Orthopaedics Sciences*, 806-809.
- Urrutia Vega, E., Elizondo Omaña, R., De la Garza Castro, O., & Guzmán López, S. (2009). Morphometry of Pedicle and Vertebral Body in a Mexican Population by CT and Fluoroscopy. *International Journal Morphology*, 1299-1303.
- V, M., O, B., P, G., & S, K. (2014). Age-Related Changes of Lumbar Vertebral Body Morphometry. *Austin Journal of Anatomy*, 7.
- Yu, B. C., Bajwa, N., Toy, J., Ahn, U., & Ahn, N. (2014). Pedicle Morphometry of Upper Thoracic Vertebrae: An Anatomic Study of 503 Cadaveric Specimens. *Spine Anatomy*, 1201 - 1209.