





B10.T 5624

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA

Departamento de Ciencias Morfológicas



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
REGISTRE GENERAL  
ENTRADA

29 MAR. 2001

N.º 40809  
HORA 11:12  
OFICINA AUXILIAR NÚM. 9

# MORFOMETRÍA DE LAS VÉRTEBRAS LUMBARES HUMANAS



10001345256  
Biblioteca Depòsit

**TESIS DOCTORAL**

Presentada por

**JOAQUÍN ALFONSO BELTRÁN**

Dirigida por

**DRA. M<sup>a</sup>. ÁNGELES SARTI MARTÍNEZ**

Valencia, 2001

UMI Number: U602990

All rights reserved

INFORMATION TO ALL USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted.

In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if material had to be removed, a note will indicate the deletion.



UMI U602990

Published by ProQuest LLC 2014. Copyright in the Dissertation held by the Author.  
Microform Edition © ProQuest LLC.

All rights reserved. This work is protected against  
unauthorized copying under Title 17, United States Code.



ProQuest LLC  
789 East Eisenhower Parkway  
P.O. Box 1346  
Ann Arbor, MI 48106-1346

L. 1345 256

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA DE VALÈNCIA



En el día de hoy se ha procedido a la lectura de la tesis titulada:

MORFOMETRÍA DE LAS VERTEBRAS HUMANAS LUMBARES.

de D. JOAQUIN JOSÉ ALFONSO BELTRÁN

que ha obtenido la calificación de *Sobresaliente cum Laude*

Firmado El Presidente del Tribunal, Dr. D. LUIS GÓMEZ PELLICO

El Secretario, Dr. D. CARLOS BARRIOS PITARQUE

El Vocal Dr. D. JOSÉ PEÑA AMARO

El Vocal Dr. D. JOSÉ IGNACIO MARUENDA PAULINO

El Vocal Dr. D. ROSA PERIS SANCHIS

Valencia 21 de diciembre de 2001

El Secretario del Tribunal

El Presidente

El Vocal

El Vocal

El Vocal

Firma del Alumno

D.1345250  
L.1345256



R-1610



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
Dpto. Ciencias Morfológicas



Unidad de Cinesiología  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**M<sup>a</sup> ÁNGELES SARTI MARTÍNEZ, PROFESORA TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA, ÁREA DE CIENCIAS MORFOLÓGICAS (ANATOMÍA).**

**Informa:**

Que el trabajo titulado "*Morfometría de las vértebras lumbares humanas*" es fruto del trabajo personal del Licenciado D. Joaquín Alfonso Beltrán. Este trabajo ha sido desarrollado en su totalidad en la Unidad de Cinesiología del departamento de CC. Morfológicas bajo mi dirección y reúne todos los requisitos establecidos por la legislación vigente para su lectura y defensa.

Valencia a 27 de Marzo de 2001

Fdo: Dra. M<sup>a</sup> Ángeles Sarti Martínez



# **AGRADECIMIENTOS**

**A M<sup>a</sup> Angeles Sarti por mostrarme la anatomía a través del método científico**

**A mi mujer y mis hijos por el sacrificio que han realizado gratuitamente**

**A mis padres por darme la oportunidad de estudiar medicina**

**A David Conesa por su asesoramiento estadístico y su interés**

**A Luis Villaplana por su contribución al planteamiento metodológico del presente trabajo**

**A José Sánchez por haberme apoyado**

**A todos los miembros de la Unidad de Cinesiología**



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>Antecedentes</b> .....	4
1. Dimorfismo sexual .....	4
2. Estudios de morfometría .....	5
3. La lordosis lumbar .....	11
4. Sugerencias Clínicas .....	13
<b>Objetivos del trabajo de investigación</b> .....	14
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	15
<b>Muestra</b> .....	16
<b>Distribución de las columnas en función del género</b> .....	17
1. Método Descriptivo .....	17
2. Método Cuantitativo .....	21
<b>Procedimiento</b> .....	22
1. Técnica de preparación de las columnas, clasificación y almacenamiento .....	22
2. Adscripción de las columnas al género .....	23
3. Morfometría .....	24
<b>Instrumentos y Registros</b> .....	33
<b>Tratamiento y análisis estadístico</b> .....	35
<b>RESULTADOS</b> .....	39
<b>Clasificación de la muestra según el género</b> .....	40
1. Método descriptivo .....	40
2. Género predictivo final .....	43
3. Método cuantitativo .....	45
4. Resumen de la clasificación de la muestra de columnas en géneros .....	52
5. Columnas seleccionadas para el estudio morfométrico .....	53
<b>Morfometría</b> .....	54
1. Comparación internivel .....	54
2. Comparación intranivel .....	67
3. Comparación de variables según el género .....	69
4. Ratios de las alturas y longitudes del cuerpo vertebral .....	73

<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>74</b>
<b>Clasificación de la muestra en géneros .....</b>	<b>75</b>
1. Características anatómicas .....	75
2. Vértebras torácicas T11 y T12.....	75
<b>Morfometría .....</b>	<b>77</b>
1. Cuerpo vertebral .....	77
2. Arco neural .....	81
3. Efecto nivel y género .....	95
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>108</b>

# **INTRODUCCIÓN**

---



---

# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

### 1. Dimorfismo sexual

En general las partes del esqueleto que se encuentran directamente implicadas en la transmisión de peso tienden a mostrar mayor grado de dimorfismo sexual que las partes que no están directamente implicadas en dicha transmisión. Una de las funciones más importantes de la columna es la transmisión del peso corporal, que se realiza principalmente en su parte anterior<sup>105</sup>. El dimorfismo sexual se hace patente en los esqueletos de los primeros homínidos, como los australopitecos. Estos por la composición numérica de la región lumbar y la presencia de lordosis con equilibrio estable del tronco encima de la pelvis, se piensa que mantuvieron la locomoción bípeda<sup>90</sup>. Algunos autores encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las variables de medidas pertenecientes a las vértebras en poblaciones de género masculino con las de género femenino en la región lumbar<sup>2, 24, 44, 77</sup> y en la torácica<sup>21</sup>. Para Amonoo-Kuofi<sup>2</sup> dichas diferencias son significativas con la edad en la longitud de los pedículos. Esta variación no es lineal y se atribuye a la distinta función de transmisión de pesos y fuerzas según el grupo de edad. Según el autor<sup>2</sup> el diámetro vertical de los pedículos, por su mayor dimensión y sus mayores variaciones con la edad, contribuye más a las funciones de transmisión de cargas que el diámetro horizontal. Así existe un predominio del diámetro vertical en el pedículo de L1 en ambos géneros comparado con los pedículos de L2 y L3.

Estas diferencias cuantitativas de las dimensiones anatómicas puede ser útiles para clasificar elementos óseos según sus características genéricas, y a través de esta sus posibles aplicaciones tanto a la ampliación del conocimiento, como al desarrollo técnico-quirúrgico. Los denominados rasgos comunes de los huesos, como son la mayor gracilidad del esqueleto femenino, la presencia de crestas de inserción muscular más marcadas o canales tendinosos más profundos, son escasamente objetivas. Además dichas características están determinadas por la edad, la talla, peso del sujeto y actividad física<sup>33</sup>. Es por ello que los autores recurren a los caracteres peculiares de los huesos, los cuales no presentan dichos inconvenientes. Así Tulsi<sup>103</sup> parte de una muestra de columnas sobre las que no conoce el sexo (Colección Australian Aborigine, South Australian Museum, Adelaide, Australia). El sexo de las columnas se determinó mediante la observación de los caracteres morfológicos de las pelvis (hueso púbico), fémur y cráneo (dientes y suturas), concediéndole el autor máxima fiabilidad. MacLaughlin<sup>63</sup> se plantean que grado de dimorfismo sexual se expresa en los diámetros vertebrales y calcular la precisión con que el sexo puede ser determinado a través de ellos. Parte de una muestra de columnas de 205 esqueletos (97 hombres/108 mujeres), con rango de edades entre 15 a 91 años, y tomando cuando fue posible los niveles vertebrales T11, T12 y L1. Determinó tres diámetros de cada vértebra, *anteroposterior*, y *transverso anterior y posterior*, . Sus resultados mostraron que el mejor predictor del sexo fue el *diámetro anteroposterior* en T12 con un 87% de precisión. Finalmente llegó a la conclusión que usando el *diámetro anteroposterior* en T12 y *transverso posterior* en T11 el 89% de los individuos fueron asignados al sexo correcto.

## 2. Estudios de la morfometría vertebral humana

### A. PEDÍCULO VERTEBRAL

Gran parte de los trabajos de investigación sobre morfometría vertebral se justifican por la necesidad de cuantificar la morfología del pedículo con el fin de diseñar instrumentación para la fijación transpedicular. Esta fijación transpedicular se realiza mediante tornillos en la región dorso-lumbar<sup>9, 53, 80, 92, 108, 120</sup>. Su complejidad ha ido aumentando con el tiempo y se observan grandes diferencias en los resultados quirúrgicos obtenidos en diferentes edades<sup>2</sup>. La función del pedículo consistiría en ser un contrafuerte natural, proporcionando apoyo a la pared posterior del cuerpo vertebral cuando éste está sometido a fuerzas de compresión axial<sup>114</sup>. Existen diferencias en la longitud de los pedículos con la edad y el sexo<sup>77</sup>, y se atribuye a la función distinta en la transmisión de cargas según el género, el peso y la edad<sup>2</sup>. Los estudios de la morfología del pedículo se han realizado en distintas poblaciones, china<sup>14, 44, 76</sup>, coreana<sup>13</sup>, y comparativamente entre distintas poblaciones<sup>24</sup>.

En general en los estudios morfométricos calculan el diámetro máximo en los planos transversal (principalmente, puesto que aquí el pedículo es más estrecho<sup>120</sup>) y sagital. El objetivo es conocer la inclinación permitida del tornillo durante la fijación para prevenir daño neurológico, y la distancia al córtex anterior, para prevenir daño retroperitoneal. Para Faraj y Webb<sup>25</sup>, tras una revisión de 648 fijaciones transpediculares torácicas y lumbares, a pesar de ser un procedimiento no deseable, tiene un rango aceptable de complicaciones y daños neurológicos. Shapiro y Snyder<sup>96</sup> tan bien observan un índice muy bajo de complicaciones en una revisión de 299 casos y proponen la instrumentación de espalda como un método útil y seguro para el tratamiento de múltiples patologías de la columna. En contraposición a lo anterior en un estudio que evaluó el posicionamiento correcto de las fijaciones transpediculares, solo un 41 % se comprobó correctamente ubicado mediante la radiografía, y se detectaron perforaciones de la cortical en 2/3 del total mediante la tomografía axial computerizada (TAC). Para Yoo et al<sup>119</sup> la TAC se presenta como un método bueno para detectar estos problemas de imprecisión en la cirugía de las fijaciones transpediculares. Existe una tendencia a dirigir las fijaciones a través del punto de entrada mediales al eje del pedículo, sobre todo en los dos últimos segmentos lumbares<sup>86</sup>. Para Ebraheim et al<sup>21</sup> deben ser evitados los emplazamientos inadecuados de las fijaciones tanto medial como caudalmente. En su estudio encuentran que las rutas nerviosas, y el saco dural, adyacentes al pedículo en la región lumbar no presentan cambios importantes. Dichas distancias variaban entre 1,5 mm (superior e inferiormente) y 5,3 (medialmente). Laine et al<sup>54</sup> afirma que las perforaciones del pedículo son más frecuentes de lo que generalmente se cree al detectar 32 perforaciones de 152 fijaciones mediante radiografía convencional. Pero a pesar de los muchos mal emplazamientos afirman que ninguna fijación que perfora menos 4,0 mm causará problemas neurológicos. Como una posible estrategia, para evitar estos daños, Frank et al<sup>27, 28</sup> proponen el uso de pequeños endoscopios maleables con el fin de explorar el pedículo y el haz nervioso, durante y después de la colocación del tornillo. En este sentido las nuevas técnicas de tratamiento mediante cirugía guiada con imagen y sistemas computerizados<sup>75</sup>, y las toracoscopias asistidas por vídeo<sup>45</sup>, se perfilan como efectivas en tratamiento de algunas de las patologías del raquis toracolumbar, sin estar exentas de complicaciones<sup>37</sup>.

El éxito de esta técnica se basa en la estabilidad alcanzada tras la ubicación del material

de osteosíntesis, por lo que es necesario conocer el diámetro del istmo pedicular <sup>76</sup>. La distribución de la cantidad de hueso cortical y esponjoso a lo largo del pedículo es importante así mismo para mantener dicha estabilidad <sup>48</sup>. El pedículo es más denso en el hueso subcortical, donde se engancha la fijación, que en el hueso trabecular. En el hueso osteoporótico la cortical sería mas fina y el hueso menos denso, por lo que no estaría garantizada la estabilidad <sup>43</sup>. Se propone el uso de cemento de carbonato de apatita para reforzar la fijación de los tornillos <sup>61</sup>. Este tipo de cemento ofrece una alternativa al polimethylmetacrilato en el "aseguramiento" de las fijaciones.

Para la toma de datos de medidas morfométricas se utilizan diferentes tipos de muestras. Algunos autores seleccionan elementos vertebrales humanos pertenecientes a cadáveres <sup>9, 44, 48, 52, 76, 77, 92</sup>. Otros autores realizan las mediciones sobre el soporte físico de pruebas diagnósticas radiográficas, como placas de radiografía convencional o TAC <sup>2, 13, 14, 53, 108</sup>. Zindrick <sup>120</sup> utiliza una combinación de ambas. Olsewski <sup>77</sup> compara los resultados morfométricos obtenidos en vértebras de cadáveres con los obtenidos mediante las mediciones en radiografía convencional y TAC. En la mayoría de los trabajos se hace referencia a la exclusión de las muestras de los elementos anatómicos con malformaciones congénitas o anomalías, vértebras fracturadas, con material de osteosíntesis, cambios degenerativos, neoplásicos o infecciosos. Otros autores no hacen referencia a este punto en sus trabajos <sup>13, 48</sup>. En la tabla 1 hacemos constar el tipo de muestra empleado en cada uno de los trabajos comentados.

AUTOR	Muestra			Tamaño
	Tipo	Edad/Sexo		
BERRY <sup>9</sup>	A	E: No; S: 5H/5M		30 columnas
SCOLES <sup>97</sup>	A	E: 20 - 40 a.; S: 25 H/25 M		50 columnas
HU <sup>44</sup>	A	E: No; S: 25 H/25 M		40 columnas.
KIM <sup>52</sup>	A	E: 19 - 70 a.; S: 42 H/31 M		73 columnas
ISLAM <sup>48</sup>	A	E: No; S: No		702 vértebras
OKUYAMA <sup>76</sup>	A/T	E: Se considera; S: 10 H/8 M		18 columnas y 18 TAC
OLSEWKI <sup>77</sup>	A/R/T	R: E: Se considera; S: 12 H/9 M T: E: Se considera; S: 23 H/28 M		A: 49 columnas; R: 21 vértebras de cadáver R y T: 51 pacientes
AMONOO-KUOFI <sup>2</sup>	R	E: 10 - 65 a.; S: 270 H/270 M		540 radiografías
ZINDRICK <sup>120</sup>	R/T	E: No; S: No		2905 pedículos
KRAG <sup>53</sup>	T	E: 18 - 75 a.; S: 27 H/14M		91 TAC
CHEUNG <sup>14</sup>	T	E: 18 - 60 a.; S: 63 H/37 M		100 TAC
CHEN-IH <sup>13</sup>	T			100 TAC
VAN SHAIK <sup>108</sup>	T	E: No; S: No		213 vértebras

Tabla 1. Piezas anatómicas (A); placas radiográficas (R); imagen de TAC (T); edad (E); sexo (S); años (a).

Los artículos seleccionados para esta revisión se centran principalmente en la región lumbar aunque en algunos el estudio se hace extensivo a más regiones de la columna. Las perspectivas que cada autor están en función de los objetivos del estudio. En la tabla 2 se hace constar junto al nombre del autor seleccionado la región vertebral estudiada y las perspectivas utilizadas.

AUTOR	Regiones	Perspectivas
SCOLES <sup>32</sup>	T y L	Sg, Tr y F
LEE <sup>37</sup>	L	Sg, Tr y F
ISLAM <sup>48</sup>	T y L	Sg y Tr
OKUYAMA <sup>76</sup>	T y L	Sg y Tr
KRAG <sup>33</sup>	T y L	Sg y Tr
BERRY <sup>9</sup>	T y L	Sg y Tr
VAN SHAIK <sup>108</sup>	L	Sg
HU <sup>44</sup>	T y L	Tr
OLSEWKI <sup>77</sup>	L	Tr
AMONOO-KUOFI <sup>2</sup>	L	Tr
ZINDRICK <sup>120</sup>	L y S	Tr
CHEUNG <sup>14</sup>	L	Tr
CHEN-IH <sup>13</sup>	T y L	Cortes

Tabla 2. Torácica (T); lumbar (L); sacra (S); lateral o sagital (Sg); superior o transversal (Tr); frontal (F).

Los métodos de medida son variados y en función de ellos los resultados están sometidos a un tipo de error. Para la medición sobre piezas anatómicas de cadáveres es frecuente la utilización de sistemas mecánicos de medida como calipers o protractores (medidas lineales) y goniómetros o portángulos (medidas angulares)<sup>9, 44, 48, 52, 77</sup>. Para las medidas sobre placa radiográfica los autores proponen mediciones directas mediante el trazado de líneas con lápiz de 0,5 mm o menores y posterior medida con regla<sup>118</sup>. En concreto Amonoo-kuofi<sup>2</sup> utiliza este sistema, pero posteriormente mide las distancias usando un sistema computerizado digital. Los errores reconocidos no siempre se encuentra referidos por los autores<sup>92, 108</sup>. Comentan aquellos propios de las mediciones sobre placas radiográficas y el implemento de la imagen o el factor de corrección de la TAC<sup>13, 14, 53, 77, 120</sup>. La precisión de las medidas con sistemas mecánicos viene determinada por la precisión del mismo aparato<sup>9, 13, 44, 48, 52, 77</sup>. Las medidas realizadas sobre la imagen de TAC algunos autores<sup>13, 14</sup> la realizan con el recurso de la "bone window setting". La fiabilidad de los resultados depende de la calidad del software del aparato de radiodiagnóstico. Existirá en todos ellos un error propio del observador, más acentuado en aquellos que utilicen sistemas exclusivamente manuales.

## B. OTROS ELEMENTOS VERTEBRALES

Una amplia línea de trabajos de investigación tienen como objetivo la creación de modelos vertebrales o de la columna <sup>4, 34, 56, 59, 74, 80, 87, 104, 108, 109</sup>. Esto se consigue mediante el desarrollo de modelos de tipo matemático con el fin de reproducir las condiciones de la estática o la dinámica de la columna. Para ello es necesario conocer cuales son las magnitudes y relaciones entre diferentes partes de las vertebrales en la región lumbar. Los modelos geométricos y técnicas de reconstrucción en tres dimensiones (3D) dan información exacta a baja dosis de radiación, como así lo demuestra su evaluación <sup>4</sup>. El sistema Direct Linear Transformation (DLT) es de uso frecuente para reconstruir la columna en 3D, mediante las medidas conocidas de coordenadas de imágenes radiográficas. Los errores suelen ser menores de 2 mm <sup>46</sup>. La utilización de la columna de animales como modelo de la columna humana es una alternativa posible. La columna de oveja puede ser útil para experimentación aplicada a la estructura gruesa de la columna torácica y lumbar <sup>115</sup>. El conocimiento de las características morfológicas de los cuerpos vertebrales de animales comparados con los humanos, puede ser un primer paso en el conocimiento de la relación entre forma y función durante la estática y el movimiento de las vértebras humanas <sup>97</sup>.

Otra gran parte de estos trabajos se centra en aportar información sobre la estenosis del canal vertebral. Dichos estrechamientos originan compresiones de las raíces nerviosas y de la médula espinal <sup>85</sup>, siendo una causa importante de dolor lumbar <sup>57</sup>. Las dimensiones de este canal varían entre razas y la altura del individuo <sup>110</sup>. Las medidas se han realizado en diferentes poblaciones como coreanos <sup>57</sup>, chinos e indios <sup>110</sup>. En la conformación anatómica del canal vertebral no solo es importante la dimensión del pedículo, sino que la parte posterior del cuerpo vertebral interviene de forma decisiva. Dicha conformación determina en parte la localización de los nervios a través del foramen y como emergen a través del saco dural <sup>55</sup>. Así medidas anatómicas del canal vertebral normales, pero cerca de un límite inferior, que coexistan con pequeñas hernias discales podrían dar problemas en determinados pacientes <sup>112</sup>. Dichas alteraciones se pueden dar no solo por alteraciones en el desarrollo, sino por cambios degenerativos a nivel del canal central. Durante la enfermedad degenerativa lumbar las facetas articulares y los macizos se hipertrofian, dando con frecuencia compresiones de la raíz a nivel de los foramen radicular <sup>3, 49</sup>.

Las muestras utilizadas por los autores seleccionados son piezas anatómicas <sup>55, 57, 80, 85, 103, 108, 110</sup>, placas radiográficas <sup>31, 34, 42, 65, 73, 74</sup> o de TAC <sup>24, 107</sup>. En la tabla 3 se muestra un resumen de las muestras utilizadas por los diferentes autores. Nissan y Gilad <sup>34, 74</sup> descartan aquellos pacientes con patología conocida de columna. Panjabi <sup>80</sup> radiografía previamente las piezas anatómicas seleccionadas para descartar aquellas con patología evidente. Sobre sujetos vivos, Gallager <sup>31</sup> propone un cuestionario previo a la selección, descartando aquellos con escoliosis o patología conocida del metabolismo del calcio. El resto de trabajos seleccionan vertebrales que no posean lesiones degenerativas evidentes u osteofitos marginales <sup>55, 57, 103, 110</sup>. Van Shaick <sup>107</sup> y Panjabi <sup>80</sup> hacen referencia exclusivamente a unos criterios de inclusión. No hemos podido encontrar una referencia clara a este punto en otros trabajos <sup>65, 73, 85</sup>. Trabajos más relacionados con aspectos osteoporóticos de las vértebras lumbares utilizan como criterios de exclusión el Bone Mineral Density (BMD) <sup>65</sup>. En la tabla 4 se hace constar junto al autor de referencia, las regiones de la columna estudiadas en cada trabajo, y las perspectivas propuestas en cada uno de ellos.

AUTOR	Muestra		
	Tipo	Edad/Sexo	Tamaño
<i>NISSAN/GILAD</i> <sup>34,74</sup>	R	E: Considera; S: Considera	157 radiografías
<i>PANJABI</i> <sup>80</sup>	A	E: Considera; S: Considera	12 columnas
<i>GALLAGHER</i> <sup>31</sup>	R	E: 34 - 67 a; S: 150 M	150 radiografías
<i>POSTACCHINI</i> <sup>85</sup>	A	E: No; S: No	121 columnas
<i>LEE</i> <sup>57</sup>	A	E: 19 y 70 a; S: 63M/27M	190 vértebras
<i>HERMANN</i> <sup>42</sup>	R	E: 22 - 80 a; S: 40 H/73 M	113 radiografías
<i>TEEN-MEEI</i> <sup>110</sup>	A	E: 25 - 54 a; S: No	450 + 179 vért. lumbares
<i>DIACINTI</i> <sup>65</sup>	R	E: Considera; S: 100 M	100 radiografías
<i>HICHOLSON</i> <sup>73</sup>	R	E: No; S: No	Radiografías
<i>LARSEN</i> <sup>55</sup>	A	E: No; S: No	50 columnas
<i>PANJABI</i> <sup>80</sup>	A	E: No; S: No	12 columnas
<i>FANG</i> <sup>24</sup>	T	E: 18 - 60 a; S: 63 H/17 M	100 TAC
<i>VAN SHAIK</i> <sup>107</sup>	T	E: No; S: No	123 pacientes
<i>TULSI</i> <sup>103</sup>	A	E: No; S: 64 H/48 M	112 columnas

Tabla 3. Piezas anatómicas (A); placas radiográficas (R); imagen de TAC (T); edad (E); sexo (S); años (a).

AUTOR	Regiones	Perspectivas
<i>NISSAN/GILAD</i> <sup>34,74</sup>	C y L	Sg
<i>PANJABI</i> <sup>80</sup>	L	Sg, Tr y F
<i>GALLAGHER</i> <sup>32</sup>	T y L	Sg
<i>POSTACCHINI</i> <sup>85</sup>	L	Sg y Tr
<i>LEE</i> <sup>57</sup>	L	Tr
<i>HERMANN</i> <sup>42</sup>	T y L	Sg
<i>TEEN-MEEI</i> <sup>110</sup>	L	Tr
<i>DIACINTI</i> <sup>65</sup>	T y L	Sg
<i>HICHOLSON</i> <sup>73</sup>	T y L	CyL
<i>LARSEN</i> <sup>55</sup>	Sg	L
<i>PANJABI</i> <sup>80</sup>	Sg, Tr y F	T y L
<i>FANG</i> <sup>24</sup>	L	F
<i>VAN SHAIK</i> <sup>107</sup>	Sg	L
<i>TULSI</i> <sup>103</sup>	Sg y Tr	L

Tabla 4. Cervical (C); torácica (T); lumbar (L); sacra (S); sagital (Sg); transversal (Tr); frontal (F); Tridimensional (Tr).

Los métodos para obtener las mediciones de las variables propuestas son en este caso muy diversos y están en relación al tipo de aplicación que se deseaba dar a los mismos. Algunos trabajos utilizan vernier calipers con precisión variable <sup>31, 34, 57, 74, 85, 110</sup>. Mediante análisis de imagen digital Gallaguer <sup>31</sup> realiza el cálculo de las áreas propuestas. Hermann <sup>42</sup> utiliza un "Scriptel R Digitizer". Hicholson <sup>73</sup> captura imágenes de placas radiográficas mediante un sistema de vídeo, analizando dichas imágenes mediante el sistema "Sigt System, Hove, UK", y observando las imágenes con un monitor de alta resolución. El software utilizado es descrito como de uso comercial. Otros autores, como vimos para el pedículo, usan el software del aparato de TAC para realizar las mediciones, como el recurso de determinación de la ROI (Region Of Interest) <sup>7</sup>. El diseño de sistemas mecánicos de complejidad variable, morfómetros, es habitual para algunos autores <sup>31, 55, 80, 81, 108</sup>. Diacinti <sup>65</sup> usa para la obtención de las medidas de las variables un "ORM" (Obsteoradiometer Digital). Respecto a la precisión de las medidas obtenidas, haciendo referencia al error reconocido, son varios los autores que no hacen explícita mención a la misma <sup>65, 85, 103, 107</sup>. Los errores reconocidos por los autores en los sistemas de medición manual oscilan entre 0,5 mm a 2 mm <sup>31, 55, 57, 73, 74, 80, 110</sup>. En el trabajo de Hicholson <sup>73</sup> el error cometido viene delimitado por la resolución de la imagen digital. Para Hermann <sup>42</sup> dicho error lo atribuimos a la localización de los puntos de referencia en la imagen digital de la vértebra.

### C. AGUJERO DE CONJUNCIÓN LUMBAR

Conocer las características anatómicas y las dimensiones de los recesos laterales en la región lumbar es de suma importancia en la clínica y la neurocirugía. Sus estrechamientos están en relación al tamaño de los pedículos, de las facetas articulares y de la posible hipertrofia de las carillas, y en relación íntima con el muro posterior del cuerpo vertebral y el disco intervertebral. Los modernos métodos de diagnóstico por imagen ofrecen detallada información de cual de estos elementos está alterado en un determinado paciente. Algunos autores <sup>24, 110</sup> ofrecen medidas en la población considerada normal de algunos aspectos morfológicos que conforman dichos recesos. Mirkovic et al <sup>21</sup> realizan un estudio de las dimensiones del agujero de conjunción de la zona lumbar con el fin de aplicar dichos conocimientos al diseño y utilización de cánulas en procedimientos percutáneos intradiscuales. Mikhael <sup>28</sup> realiza un estudio para establecer las dimensiones que debe tener un receso lateral normal y a partir de que dimensiones comienza a considerarse un receso lateral estenosado. El diámetro sagital de los recesos laterales es medido por Fang <sup>24</sup> dentro de una descripción que realiza de la morfología del conducto vertebral en una población de adultos chinos con el fin de describir diferencias interraciales en las dimensiones de las vértebras. Wang <sup>110</sup> obtiene la dimensión más inferior del agujero de conjunción, mediante el cálculo del diámetro mediosagital entre el punto de la unión de la superficie posterior del cuerpo y el punto de inserción superior del ligamentum flavum.

### 3. La lordosis lumbar

La curvatura lumbar presenta la ventaja de tener una mayor resistencia frente a las fuerzas compresivas. En una columna recta las fuerzas axiales de compresión se transmitirían a través de los cuerpos vertebrales y los discos, y el único mecanismo de protección sería la capacidad de absorción de los discos intervertebrales. En una columna lumbar curvada las fuerzas axiales se transmiten a través de la parte posterior del disco, mientras que la parte anterior tiende a separarse <sup>11</sup>. De esta manera las fuerzas compresivas tienden a acentuar la lordosis lumbar. Esta tendencia tensa los ligamentos anteriores, que resisten dicha acentuación. Por este motivo parte de la energía se disipa en la tensión de los ligamentos anteriores y parte es transmitida directamente al siguiente nivel vertebral.

La lordosis lumbar, según Bogduck <sup>11</sup> y Testut <sup>100</sup>, se establece por la participación de diferentes factores. La primera contribución la realizarían los discos intervertebrales, de manera que la altura posterior de los mismos es cerca de 6-7 mm menor que la altura anterior <sup>92</sup>. De esta forma cuando la vértebra L5 articula con el sacro su platillo inferior no se encuentra paralelo a la cara articular superior del sacro. El ángulo que forman ambas superficies varía entre 6-29°, con un valor medio de 16° <sup>93</sup>. El segundo factor sería el acuñaamiento posterior del cuerpo vertebral de L5. La altura posterior sería 3 mm menor que su altura anterior. Dicho carácter cuneiforme fue descrito por A. Delmas <sup>51</sup>. Según Kapandji <sup>51</sup> dicha inclinación propicia que el cuerpo de L5 tienda a deslizarse hacia abajo y hacia adelante (para Bogduck <sup>11</sup> dicha tendencia al deslizamiento tan bien se encontraría en L4). El deslizamiento se ve impedido por la sujeción del arco posterior de L5 a S1 (L5 se encasa mediante sus apófisis articulares inferiores a las correspondientes articulares superiores de S1). En conjunto se le considera un punto débil del edificio raquídeo.

Este mismo autor, Kapandji <sup>51</sup>, considera que el arco posterior de L3 más desarrollado tiene función de relevo muscular entre los fascículos lumbares del dorsal ancho (procedentes del hueso iliaco, que vienen a insertarse en las apófisis transversas de L3) y los fascículos del espinoso dorsal que parten hacia el raquis dorsal (la inserción más caudal se sitúa a nivel de la apófisis espinosa de L3). De esta manera la L3 es impulsada hacia atrás por la acción de los músculos con inserción sacroiliaca, con el fin de que sirva de punto de apoyo a la acción de los músculos dorsales. L3 desempeña un papel esencial en la estática vertebral al estar situada en el vértice de la lordosis lumbar. Así mismo desempeña un papel dinámico al ser la primera vértebra verdaderamente móvil del raquis lumbar. Podemos considerar que la L4 y L5 forman una transición estática entre el raquis y la pelvis al encontrarse sumamente unidas al hueso iliaco y el sacro. En postura erecta, dicha lordosis, se construye de tal forma que la vértebra L1 estaría en su proyección vertical sobre el sacro. Muchos autores han intentado cuantificar la curvatura de la lordosis mediante la descripción de ángulos de fácil medición. En la tabla 6 y figura 1 se describen, según autores, los ángulos junto a sus valores medios de referencia.

	Nombre	Autor	Valor del ángulo
1	Ángulo sacro	De Seze	30°
2	Ángulo lumbosacro	De Seze	140°
3	Ángulo de inclinación de la pelvis	De Seze	60°
4	Flecha de lordosis lumbar	De Seze	
5	Ángulo de la lordosis L1-S1	Hansson <sup>40</sup> y Pelker <sup>83</sup>	20°/60°. Media 50°
6	Ángulo lordótico lumbosacro	Fernand & Fox <sup>29</sup>	
7	Ángulo lordótico lumbolumbar	Fernand & Fox <sup>29</sup>	16°/80°. Media 45°
8	Ángulo entre L3 y sacro	Torgerson <sup>101</sup>	
9	Ángulo entre las bisectrices L1-L2 y L5-S1.	Farfan <sup>26</sup> y Pope <sup>84</sup>	

Tabla 5: Tomado de Kapandji<sup>51</sup>: los ángulos (1), (2), (3) y (4) son descritos por De Seze en una radiografía lumbar vista de perfil. En general (4) representa el máximo de curvatura y está situado en general a nivel de L3, aumentando conforme lo hace la lordosis y se hace nulo cuando el raquis lumbar es rectilíneo. Tomado de Bogduck<sup>11</sup>: los ángulos (5), (6), (7), (8), y (9) son descritos por otros autores. Cuando (7) es mayor de 68° se considera hiperlordosis.

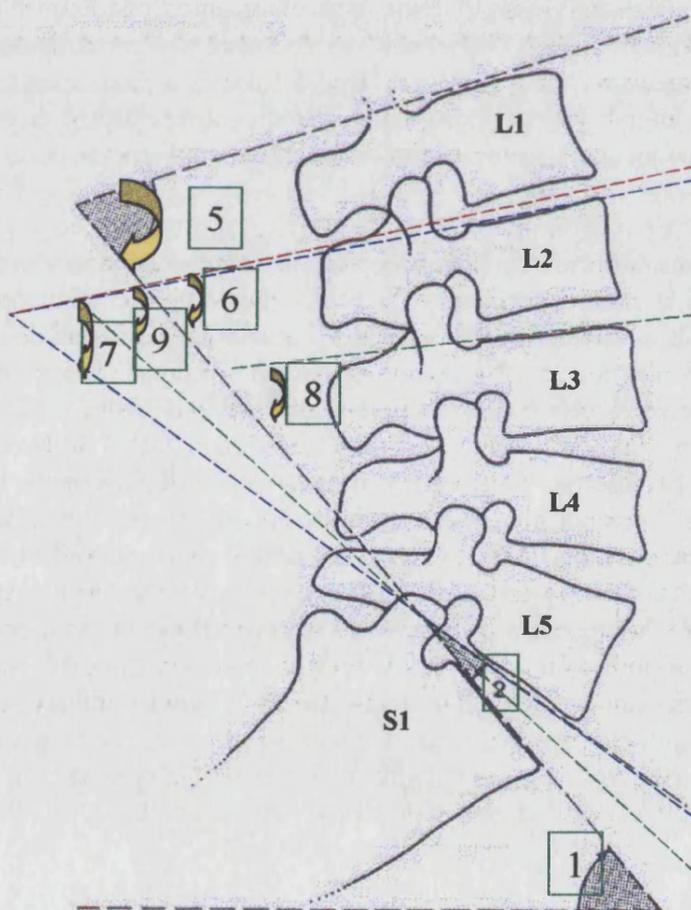


Figura 1: Esquema de la lordosis lumbar con los ángulos de interés, correspondientes según numeración a los comentados en la tabla 5

#### 4. Sugerencias clínicas.

Desde el punto de vista quirúrgico tiene una importante aplicación el conocimiento de relaciones precisas entre puntos anatómicos y estructuras interesantes, como ya se comentó para el agujero de conjunción lumbar y el pedículo. Así el margen superior de la lámina representa una referencia constante y útil para determinar la localización del disco lumbar por la parte posterior de la columna <sup>20</sup>.

La estenosis de canal en la columna lumbar está indudablemente relacionada con el dolor lumbar descrito por neurocirujanos y clínicos <sup>57</sup>. Existen variaciones en el tamaño de dicho conducto y sus dimensiones están en relación a la altura del individuo <sup>20</sup>. Según Wang <sup>110</sup> un diámetro transversal menor de 10 mm sería significativo de estenosis. Larsen <sup>55</sup> describe mediante dos variables (profundidades máximas medial y lateral) el muro posterior del cuerpo vertebral, poniéndolas en relación con la altura de dicho muro. Esta morfología la relaciona con la disposición de las raíces nerviosas en el foramen y en como emergen a través del saco dural.

Así mismo estrechamientos del conducto vertebral y el agujero de conjunción originan compresiones de las raíces nerviosas <sup>85</sup>. Estos estrechamientos pueden ser originados por la hipertrofia de las carillas articulares <sup>98</sup>. Mikhael <sup>67</sup> relaciona dicha hipertrofia con la encarcelación que pueden sufrir la ruta de las raíces nerviosas. Dicho dolor se halla relacionado tan bien con las herniaciones del disco intervertebral. Existe pues relación entre síndrome facetar y radicular. La relación entre síndrome facetar y síntomas radiculares está ampliamente descrita en la literatura (Wyke <sup>116</sup>).

Muchos trabajos aportan detallada información sobre el tamaño y la orientación de las apófisis articulares en la columna lumbar <sup>78, 82, 103, 108</sup>. Existe una relación demostrada entre la orientación de las carillas articulares de las facetas posteriores y la hernia de disco. Van Shaick <sup>107</sup> es el primero en describir con precisión la conformación y orientación de las carillas articulares. Previamente a este trabajo el mismo autor sugiere la asociación de dolor lumbar con asimetría en dichas facetas <sup>106</sup>. Con el fin de obtener una evaluación cuantitativa de las orientaciones Van Shaick <sup>105</sup> describe el parámetro "*facet orientation circle*", útil para medir la orientación y la asimetría. Malvivaara <sup>64</sup> realiza una nueva descripción de dichas orientaciones en la región toracolumbar junto a la presencia de ciertos procesos nosológicos asociados como osteoartrosis, degeneración discal, osteofitosis y hernias de Schmorl. Cassidy <sup>12</sup> asocia en su trabajo la presencia de asimetría facetar con la presencia de herniación intervertebral. Otros muchos autores como Gloor <sup>36</sup> sugieren esta asociación, encontrando en pacientes con espondilolistesis degenerativa unas orientaciones más sagitales de dichas facetas en las vértebras lumbares cuarta y quinta. El trabajo de Boden <sup>10</sup> va mucho más allá, demostrando no solo esas asociaciones, sino que dicha orientación más sagital de las carillas es debida a una morfología preexistente de las carillas y no solamente una consecuencia de una espondilolistesis degenerativa.

---

## OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los estudios anteriores cuantificaron aisladamente dimensiones del cuerpo o de distintas partes del arco neural de las vértebras de las diferentes regiones del raquis humano. Únicamente los estudios de Panjabi<sup>79, 80, 81</sup> proporcionan una cuantificación exhaustiva del cuerpo y el arco neural. Sin embargo, la descripción la realizan respecto a un sistema de referencias externas, por tanto, difícilmente repetibles por cualquier investigador no perteneciente al citado equipo. Más reciente es el trabajo de Iniesta<sup>47</sup>, en esta ocasión, la cuantificación de la morfología vertebral se realizó mediante algoritmos de visión artificial sobre imagen digitalizada de la visión sagital de las vértebras humanas. Dicho trabajo fue realizado en la Unidad de Investigación de Cinesiología, Departamento de Ciencias Morfológicas, por tanto los datos pertenecen a la misma muestra que el estudio que presentamos.

La mayoría de los trabajos referidos fueron concebidos para aportar datos morfométricos aplicables al diseño de instrumentación quirúrgica, su incorporación en el acto quirúrgico, posteriores estudios biomecánicos, implementación de bases de datos para estudios posteriores con elementos finitos y reconstrucciones vertebrales. El estudio que presentamos\*, aborda la caracterización morfométrica de la imagen digitalizada de la visión lateral de las vértebras lumbares de raquis femeninos y masculinos humanos. Nos planteamos si la cuantificación o expresión de la forma mediante medidas del cuerpo vertebral, agujero de conjunción, y arco neural podría aportar algún dato nuevo que nos permita entender mejor, ampliar o hacer más preciso el conocimiento morfológico actual de la anatomía descriptiva de las vértebras, individualmente o en su conjunto como componentes de la lordosis lumbar.

Para llevar a cabo lo anteriormente referido nos planteamos el desarrollo de los siguientes puntos:

- Predecir el género de las piezas óseas en función de dos métodos, uno *cuantitativo* basado en las características genéricas de la pelvis según la anatomía clásica, y otro *cuantitativo*, basado en la medición de diámetros vertebrales.
- Describir la morfología de las vértebras lumbares de raquis humanos de ambos sexos sobre su imagen lateral digitalizada en términos de medidas lineales, angulares, de superficies y perímetros del cuerpo vertebral, agujero de conjunción y arco neural.

---

\* El presente estudio pudo desarrollarse gracias a disponer la Unidad de Cinesiología y de Raquis Experimental del Departamento de Ciencias Morfológicas de la U.V.E.G. (Universitat de Valencia Estudi General) de una colección de 100 raquis humanos (Proyecto Investigación GV-1059/93).



## **MATERIAL Y MÉTODOS**

---



# MATERIAL Y MÉTODOS

## MUESTRA

Se seleccionó una muestra de 33 columnas de las 100 existentes en la osteoteca de la Unidad de Raquis Experimental del departamento de Ciencias Morfológicas de la Universidad de Valencia según los siguientes criterios:

### Criterios de exclusión:

- Ausencia de patología evidente en las piezas de las columnas, tal como alteraciones degenerativas debidas a artrosis o atribuidas a enfermedad reumática, alteraciones estructurales por cirugía previa, deformación por tumoraciones, fracturas vertebrales.
- Ausencia de múltiples piezas vertebrales en la columna seleccionada.

### Criterios de inclusión:

- Columnas con mayor número de piezas vertebrales lumbares.
- Preferencia por aquellas columnas de las que se dispusiese de ambos huesos coxales y del sacro. La ausencia de dichos elementos no se consideraba excluyente si se disponía de los niveles torácicos undécimo y duodécimo (T11 y T12).

Se creó una hoja control de columnas asignando un número a la columna seleccionada (tabla 6) en la que se reflejan la existencia (SI) o no (NO) de las estructuras óseas de cada columna.

Nº	Sacro	Coxales	Vert. T11	Vert. T12	Nº	Sacro	Coxales	Vert T11	Vert. T12
1	SI	NO	SI	SI	18	SI	SI	NO	SI
2	SI	SI	SI	SI	19	SI	SI	NO	SI
3	SI	SI	SI	SI	20	SI	SI	SI	NO
4	SI	SI	SI	SI	21	SI	SI	SI	SI
5	SI	SI	NO	SI	22	SI	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI	SI	23	NO	SI	SI	SI
7	SI	SI	SI	SI	24	SI	SI	SI	SI
8	SI	SI	SI	SI	25	SI	SI	SI	SI
9	SI	SI	NO	NO	26	SI	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI	SI	27	SI	SI	SI	SI
11	SI	SI	SI	SI	28	SI	SI	SI	SI
12	SI	SI	SI	SI	29	SI	SI	SI	SI
13	NO	SI	SI	SI	30	SI	SI	SI	SI
14	SI	SI	SI	SI	31	SI	SI	SI	SI
15	SI	SI	SI	SI	32	SI	SI	SI	SI
16	SI	SI	SI	SI	33	NO	NO	SI	SI
17	SI	SI	SI	NO					

Tabla 6. Número de columna (Nº); Vértebra torácica T11 (Vert T11); Vértebra torácica T12 (Vert T12).

## DISTRIBUCIÓN DE LAS COLUMNAS EN FUNCIÓN DEL GENERO

Con el fin de establecer el género de las columnas de la muestra del presente estudio, se aplicaron dos métodos. Descriptivo basado en características morfológicas de la pelvis<sup>33</sup>. Cuantitativo, basado en las longitudes del platillo vertebral superior de las vertebrae torácicas T11 y T12<sup>11</sup>.

### 1. Método descriptivo: características anatómicas de la pelvis

Según *Gisbert*<sup>34</sup> es posible generalmente determinar el sexo de unos restos cadavéricos cuando se dispone de los huesos de la pelvis, del cráneo y de determinados huesos largos, como los fémures. Para el presente estudio únicamente disponíamos de la pelvis. Los huesos pélvicos poseen caracteres particulares según el género, en concreto, en el sexo femenino las características diferenciadores están bien determinados por la función de la gestación.

#### A. CARACTERÍSTICAS DE LOS COXALES

##### Cuerpo del pubis (CP)

En el hombre tiene forma triangular y en la mujer forma cuadrangular.

##### Ramas isquiopubianas (RI)

Según se comentó con respecto al cuerpo del pubis y al trazar una tangente a la rama isquiopubiana en su parte superior, en el hombre tiende a la convexidad y en la mujer a la concavidad. Dicha apreciación se realizó exclusivamente de forma visual.

##### Sínfisis púbica (SP)

Los textos consideran que la altura de la sínfisis menor en la mujer que en el hombre. *Gisbert*<sup>32</sup> considera que es menor de 55 mm en la mujer y en el hombre 90 mm. Dichos datos no van referidos a poblaciones, ni edades, ni establecen ningún tipo de rango de variabilidad, por lo que se optó por su única apreciación visual. Así se consideró alta en el hombre y baja en la mujer.

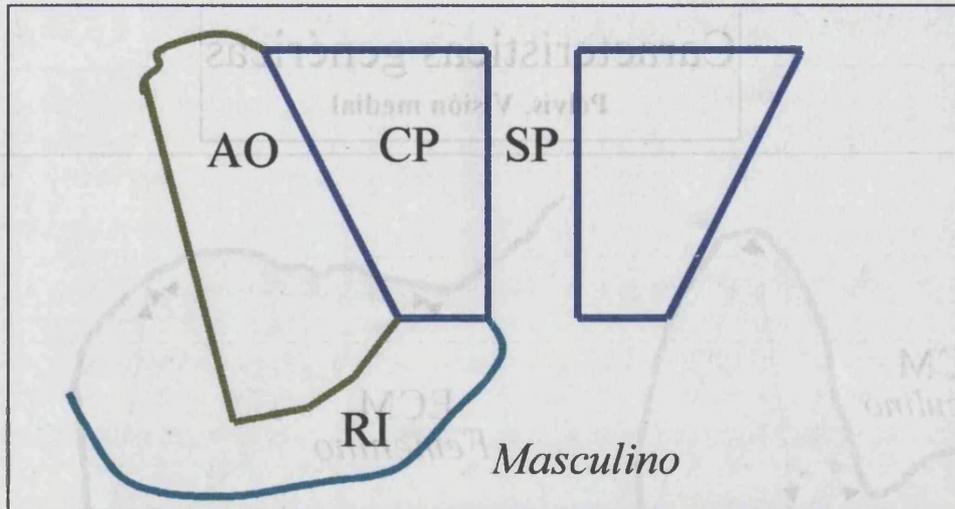
##### Agujero obturador (AO)

Con forma oval de base hacia abajo y ancho en conjunto en el hombre, y más pequeño de forma triangular y vértice hacia arriba en la mujer.

##### Articulaciones sacroiliacas (ASI)

En el se consideran mas anchas y en la mujer más pequeñas y más oblicuas.

En la figura 2 se encuentran esquematizadas las características genéricas de la pelvis CP, RI, SP y AO.



**Características genéricas**  
**Pelvis. Visión anterior**

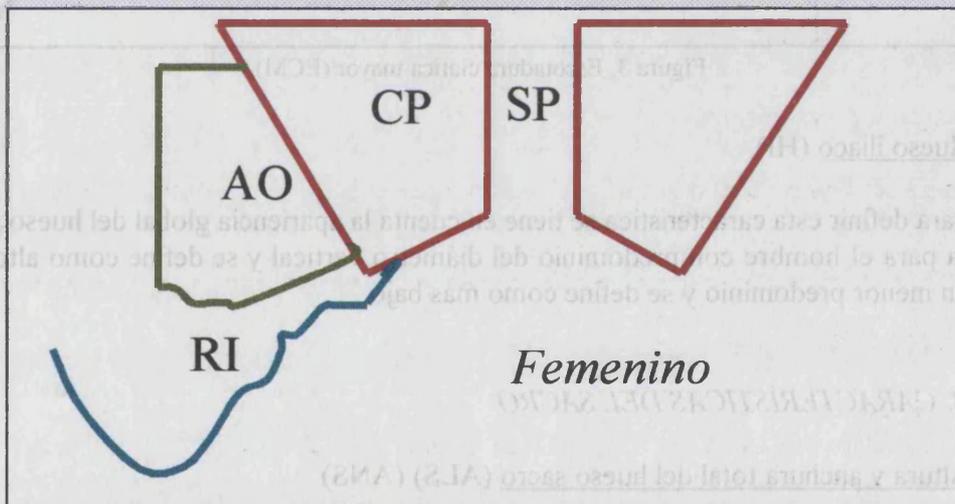


Figura 2. Cuerpo del pubis (CP); rama isquiopúbica (RI); agujero obturador (AO); sínfisis púbica (SP).

Escotadura ciática mayor (ECM)

Según el tratado en el que nos hemos basado las diferencias sexuales en esta escotadura son marcadas. Se objetiva como muy característico el ángulo que se forma al trazar las tangentes desde los límites mas externos que definen dicha escotadura. Se considera que para el hombre el ángulo es mas agudo que para la mujer. Como consecuencia de ello la cuerda del arco superior es mas larga para estas últimas. Se muestra un esquema de dichas diferencias en la figura 3.

En concreto hemos definido una escotadura ciática mayor con características genéricas masculinas como aquella que es más cerrada y más profunda, y femeninas como ancha y de menor profundidad.

## Características genéricas

### Pelvis. Visión medial

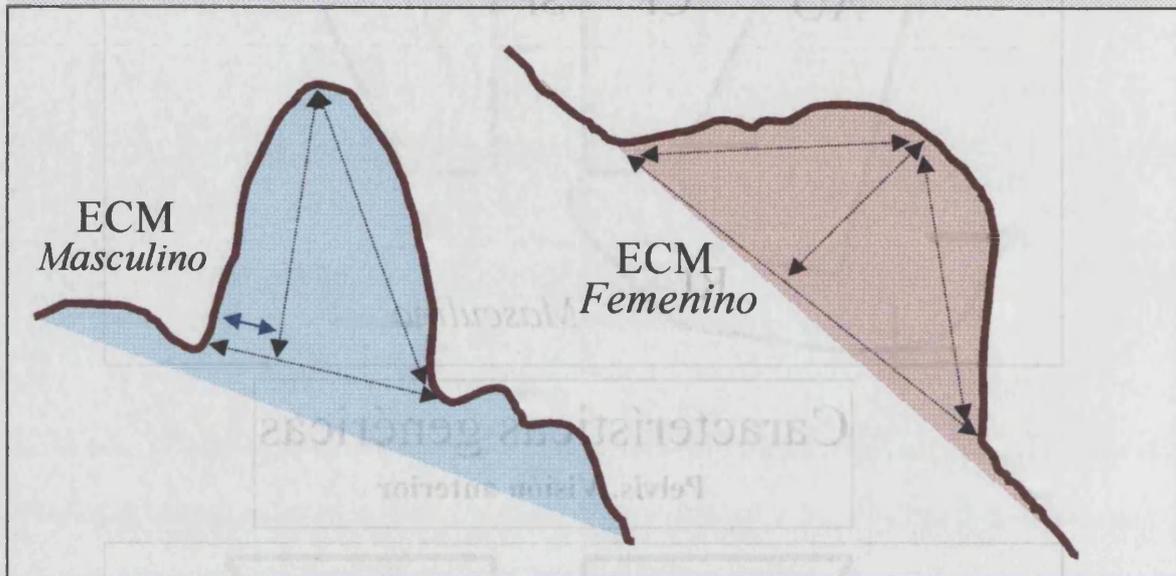


Figura 3. Escotadura ciática mayor (ECM).

#### Hueso iliaco (HI)

Para definir esta característica se tiene en cuenta la apariencia global del hueso iliaco. Se considera para el hombre con predominio del diámetro vertical y se define como alto. Para la mujer con menor predominio y se define como más bajo.

#### *B. CARACTERÍSTICAS DEL SACRO*

#### Altura y anchura total del hueso sacro (ALS) (ANS)

En el hombre se considera más alto y estrecho que en la mujer, que se describe como más corto y ancho. Dichas características se observaron por separado en el protocolo de diferenciación.

#### Número de segmentos del sacro (NSS)

Para el hombre tiene cinco segmentos o más y en la mujer es raro que sobrepase los cinco. Se describió en el protocolo enumerando los segmentos presentes, *cinco o más en número*.

#### Oblicuidad (OS)

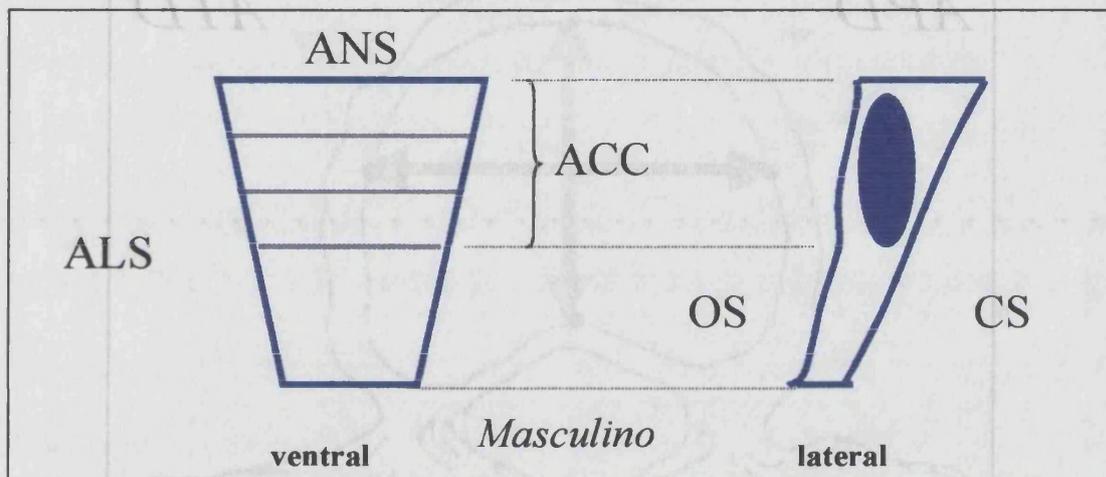
En general se considera el sacro de la mujer más oblicuo que el del hombre en visión lateral.

Curvatura del sacro (CS)

Esta característica es complementaria de la anterior y modificaría en nuestro criterio la oblicuidad del sacro. Se considera que el sacro del varón presenta una curvatura uniforme, mientras que en la mujer es recto en la parte superior y define una curvatura pronunciada en la parte inferior.

Altura de la cara articular con el coxal (ACC)

Es más grande en el hombre y abarca tres vertebra sacras y en la mujer solo dos. Se describió en el protocolo enumerando los segmentos que abarca, *dos o más en número*.



**Características genéricas**  
**Sacro. Visión anterior y lateral**

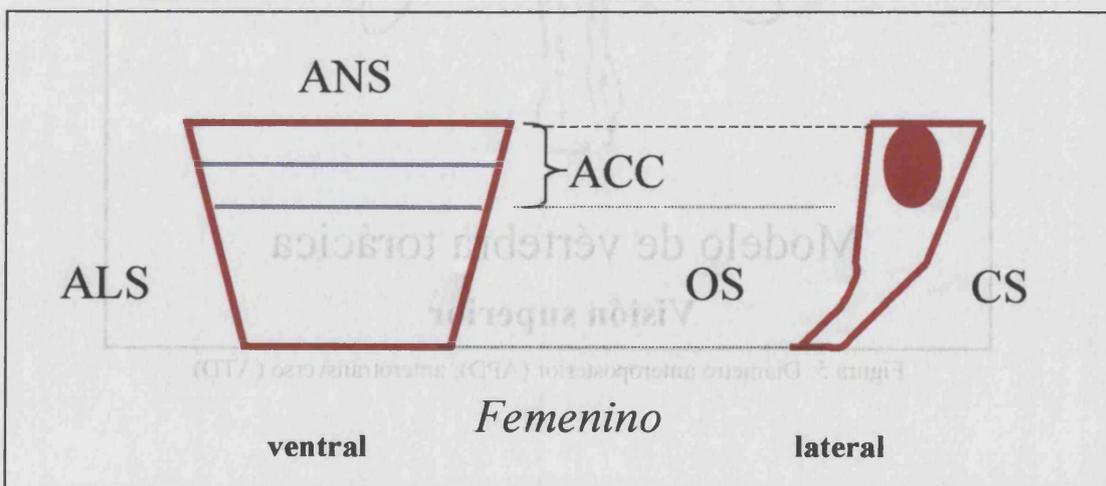


Figura 4. Altura (ANS) y anchura del sacro (ANS); altura cara articular (ACC); curvatura (CS) y oblicuidad del sacro (OS).

**2. Método cuantitativo: diámetros de los cuerpos vertebrales de las vertebrae torácicas undécima (T11) y duodécima (T12)**

Se tomaron los niveles vertebrales T11 y T12 de las columnas seleccionadas. Para el nivel vertebral T11 se determinó el diámetro anteroposterior del cuerpo vertebral en su epífisis superior (APD) y para el nivel vertebral T12 el diámetro anterotransverso del cuerpo vertebral en su epífisis superior ATD, *MacLaughlin*<sup>63</sup> (figura 5).

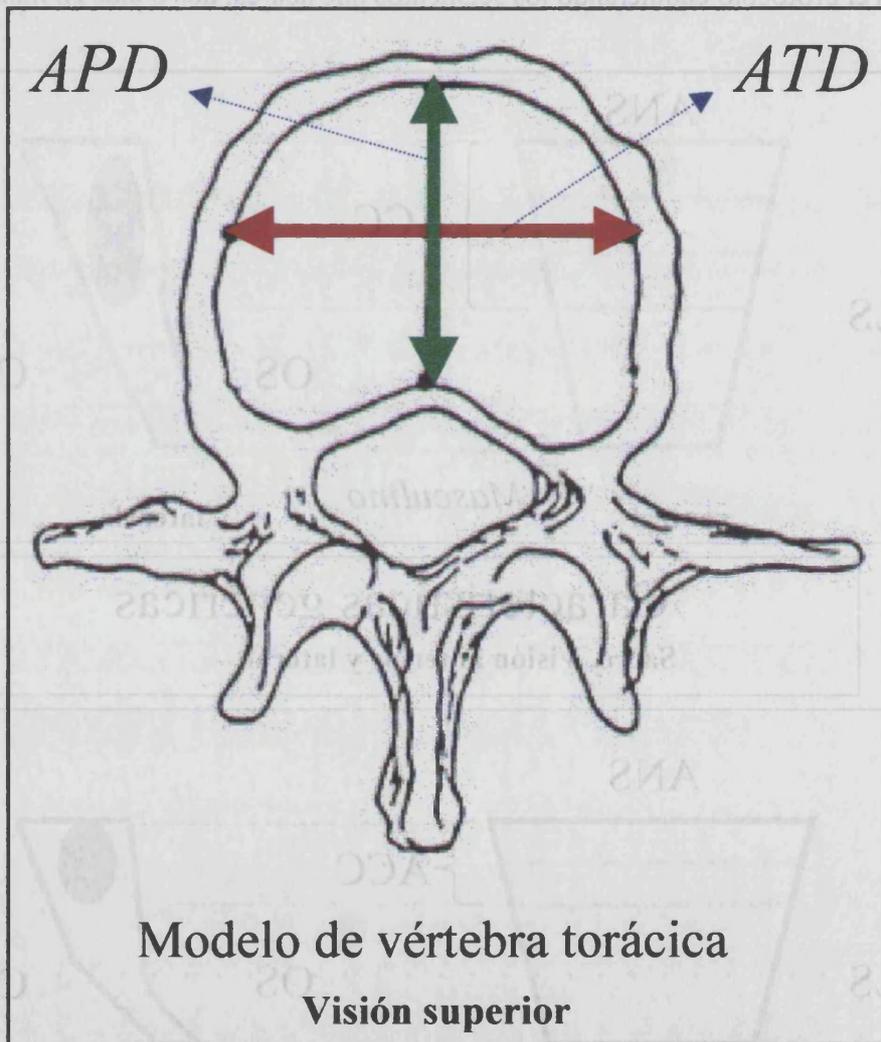


Figura 5. Diámetro anteroposterior (APD), anterotransverso (ATD)

## **PROCEDIMIENTO**

### **1. Técnica de preparación de las columnas, clasificación y almacenamiento**

Las piezas vertebrales utilizadas en el presente trabajo pertenecen a 100 exhumaciones. Los cadáveres fueron sometidos durante 3 a 6 horas a un baño de agua, según el grado de calcificación de sus columnas, cambiando el agua cada 3 horas. Más tarde se las sometió a un baño con solución de 50cc de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 100 volúmenes por cada 60 l. de agua. Por último se dejó secar a temperatura ambiente.

La colección pertenece a la “Unidad de raquis experimental y cinesiología” (Departamento de Ciencias Morfológicas de la Universitat de Valencia). Los elementos vertebrales de cada una de las columnas fueron marcados mediante un sistema que permite conocer el nivel vertebral y el número de columna a la cual pertenecen. Se utilizó un corrector de tinta sobre el que se escribía. Este sistema de marcaje no altera las propiedades físicas ni visuales de la pieza. Todas las columnas fueron ordenadas en clasificadores adecuados para facilitar su conservación y localización. Se muestra un detalle de dicha colección en la figura 6. A su vez se recopiló en un libro de entradas la fecha y las incidencias morfológicas observadas en cada uno de los niveles vertebrales.



Figura 6

## 2. Adscripción de las columnas al género

### CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS

Se anotó por separado, para cada pieza anatómica de huesos coxales y sacro, cada una de las características visuales comentadas. Cada característica se examinó por separado completándose la tabla protocolo para cada una de las piezas. A continuación se estableció el género predictivo para huesos coxales y el sacro. Se definió como *característica concordante* aquel criterio cierto específico de un género. La *característica discordante* se definió como aquel criterio asignado a una pieza opuestos a la mayoría de los criterios asignados a dicha pieza. Fueron *características dudosas* aquellas que no se pudieron asignar a un género en particular.

#### A. HUESOS COXALES

Se asignó un punto a cada criterio cierto y cero cuando alguno fue dudoso. Cada pelvis se definió como femenina o masculina cuando reunió todos los criterios concordantes de un género o un mínimo de cinco de ellos. Esta adscripción se denominó *género predictivo*. Cuando se asignó un criterio discordante, se adscribió al grupo de *género predictivo dudoso*. En la tabla 7 se muestran los valores máximos y mínimos para género predictivo masculino y femenino que es posible obtener según el protocolo de la pelvis.

	Para género predictivo según los Coxales	
	Masculino	Femenino
Máxima	7	7
Mínima	5	5

Tabla 7

#### B. SACRO

De la misma forma se asignó un punto a cada criterio concordante y cero cuando alguno fue dudoso. Cuando las características *número de segmentos del sacro* y *altura de la cara articular con el coxal* eran mayores de tres y de cinco, respectivamente, se asignaban dos puntos. Cada sacro se adscribió a un género predictivo cuando reunió todas las características de un género o un mínimo de tres. Si se asignó a una pieza un criterio discordante se adscribió como *género predictivo dudoso*. En la tabla 8 se muestran los valores máximos y mínimos para género predictivo masculino y femenino que es posible obtener según el protocolo del sacro.

	Para género predictivo según el Sacro	
	Masculino	Femenino
Máxima	8	6
Mínima	3	3

Tabla 8

### C. CÁLCULO DEL GÉNERO PREDICTIVO FINAL

Se denominó *género predictivo final* a aquel que se asignaba a una determinada columna según las características anatómicas de los coxales y su sacro. Se obtuvo mediante el cálculo de una *puntuación final*. Esta consistía en la suma aritmética de las puntuaciones obtenidas para cada columna según los criterios de la pelvis y el sacro. Para la adscripción a un género predictivo final debían obtener una puntuación mínima (tabla 9). Todas aquellas columnas que no obtuvieron una *puntuación final* mínima se catalogaron como *género predictivo final dudoso*.

Puntuación	GPF	
	Masculino	Femenino
Mínima	15	13
Máxima	8	8

Tabla 9. Género predictivo final (GPF).

### DIÁMETROS VERTEBRALES DE T11 Y T12

Para medir las longitudes se usó un *pie de rey*. El mismo observador realizó 5 medidas de cada diámetro vertebral. Se realizaron primero las mediciones de los diámetros *anteroposteriores* y luego los *anterotransversos*. Se anotó de forma consecutiva los valores obtenidos en las mediciones en una tabla de recogida de datos. Para realizar una nueva medida era necesario que el display digital del pie de rey estuviese en cero. La pieza anatómica vertebral se sujetó frente al observador con una mano, mientras que con la mano dominante se tomaba la medición. Todas las medidas fueron tomadas de la parte superior del cuerpo vertebral entre los límites internos de la epífisis anular, con el fin de eliminar las diferencias debidas a los cambios morfológicos surgidos con la edad en las vértebras.

### 3. Morfometría

La horizontalidad de los elementos vertebrales se conseguía mediante un *nivel* de pequeño tamaño. Se situó siguiendo el plano mediosagital y apoyándose sobre las zonas más elevadas de la epífisis superior del cuerpo vertebral. A continuación se definió la posición horizontal de la vértebra, como aquella en la que la epífisis superior del cuerpo vertebral era paralela a la superficie de la escena. Se estableció la condición adicional de que la vídeo-imagen ofrecida de la pieza vertebral en su plano lateral nunca permitiera observar las epífisis superior o inferior.

De las 33 columnas de la muestra se seleccionaron 20 para la aplicación del protocolo de medidas morfométricas. Se obtuvo una imagen digitalizada para los lados derecho e izquierdo de la vértebra. Sobre la imagen se trazaban líneas que permitieron el cálculo de las variables (figura 7). Los ángulos existentes entre dos puntos de referencia, para el cálculo de alturas, fue siempre de 0°. Para el cálculo de longitudes fue siempre de 180°. Si la intersección de dichos líneas no se producía dentro del contorno de la imagen de la vértebra, se trazaban líneas de prolongación a 90° que permitían su cálculo exacto. El contorno de la parte superior del agujero de conjunción se trazó de forma manual por el observador.

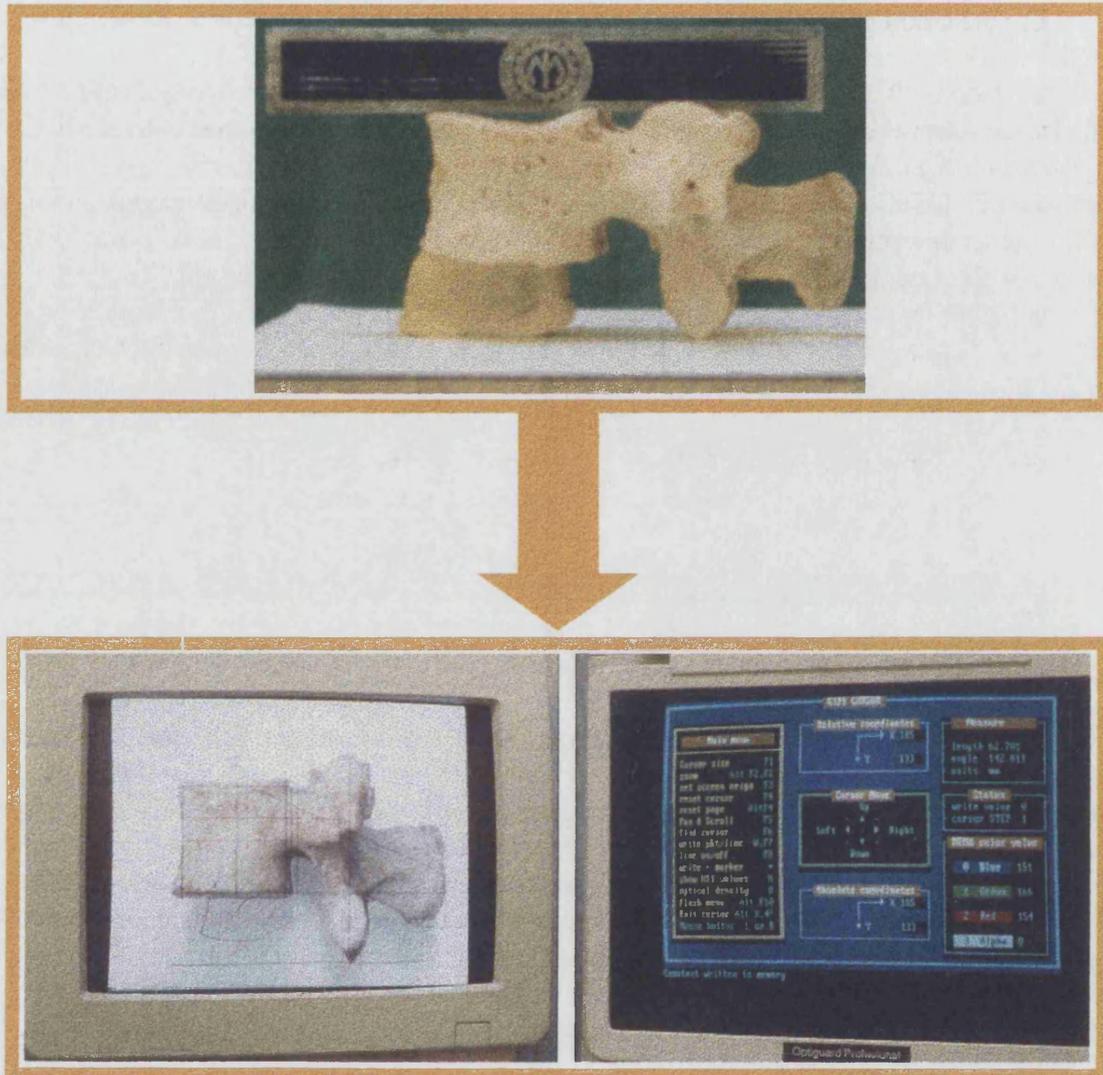


Figura 7

El protocolo de medidas fue aplicado sobre las cinco piezas vertebrales lumbares de cada columna de la muestra. Dicho protocolo se aplicó cinco veces sobre cada imagen de la vértebra. Todas las medidas tienen un error propio por la calibración del sistema de medición en milímetros. En eje de ordenadas fue de  $0,1902E+00$  y en de abscisas  $0,1475E+03$ , el mismo que para el área de ventana. Todas las variables se calcularon por el lado derecho (D) de la imagen de la vértebra. Aquellas variables que fueron calculadas por ambos lados, derecho e izquierdo (I) se marcan con un asterisco en la tabla 10.

Para la determinación de la morfometría se definieron unos puntos y líneas (figura 8), y a partir de estos se calcularon las medias utilizadas como variables del estudio (figuras 9 y 10).

*Punto 1:* Punto más elevado y posterior de la epífisis superior del cuerpo vertebral ( $P_1$ )

*Punto 2:* Punto de unión de la rama superior del pedículo y la pared posterior del cuerpo vertebral ( $P_2$ )

*Punto 3:* Punto medio de la altura de la parte más distal de la apófisis espinosa, de manera que siempre se situase sobre la parte más externa de la cortical del hueso, debido a que el proceso espinoso en su parte superior es más distal ( $P_3$ ).

*Punto 4:* Punto más inferior y distal de la epífisis inferior ( $P_4$ ).

*Punto 5:* Punto más superior de la apófisis articular superior ( $P_5$ ).

*Punto 6:* Punto más inferior de la apófisis articular inferior ( $P_6$ ).

*Punto 7:* Punto más inferior y proximal de la epífisis inferior ( $P_7$ ).

*Líneas de referencia:*

*Línea 1:* Desde  $P_1$  horizontalmente hasta la parte anterior de la apófisis articular superior ( $L_1$ ).

*Línea 2:* Desde  $P_2$  con inclinación de  $270^\circ$  hacia la parte inferior de la imagen de la vértebra ( $L_2$ )

*Línea 3:* Segmento, de longitud conocida, trazado con inclinación de  $270^\circ$  hacia la parte inferior y superior de la imagen partiendo del punto más posterior del proceso espinoso. Su distancia estaba marcada por el encuentro con sendas líneas que partían de los puntos más superior e inferior del proceso espinoso. Sirve de referencia para el cálculo  $P_3$  ( $L_3$ )

*Línea 4:* Desde  $P_4$  horizontalmente hasta la apófisis articular inferior ( $L_4$ ).

*Línea 5:* Desde  $P_5$  horizontalmente hacia el proceso espinoso.

*Línea 6:* Desde  $P_6$  horizontalmente hacia el cuerpo vertebral.

*Línea 7:* Desde  $P_7$  verticalmente sin límite definido.

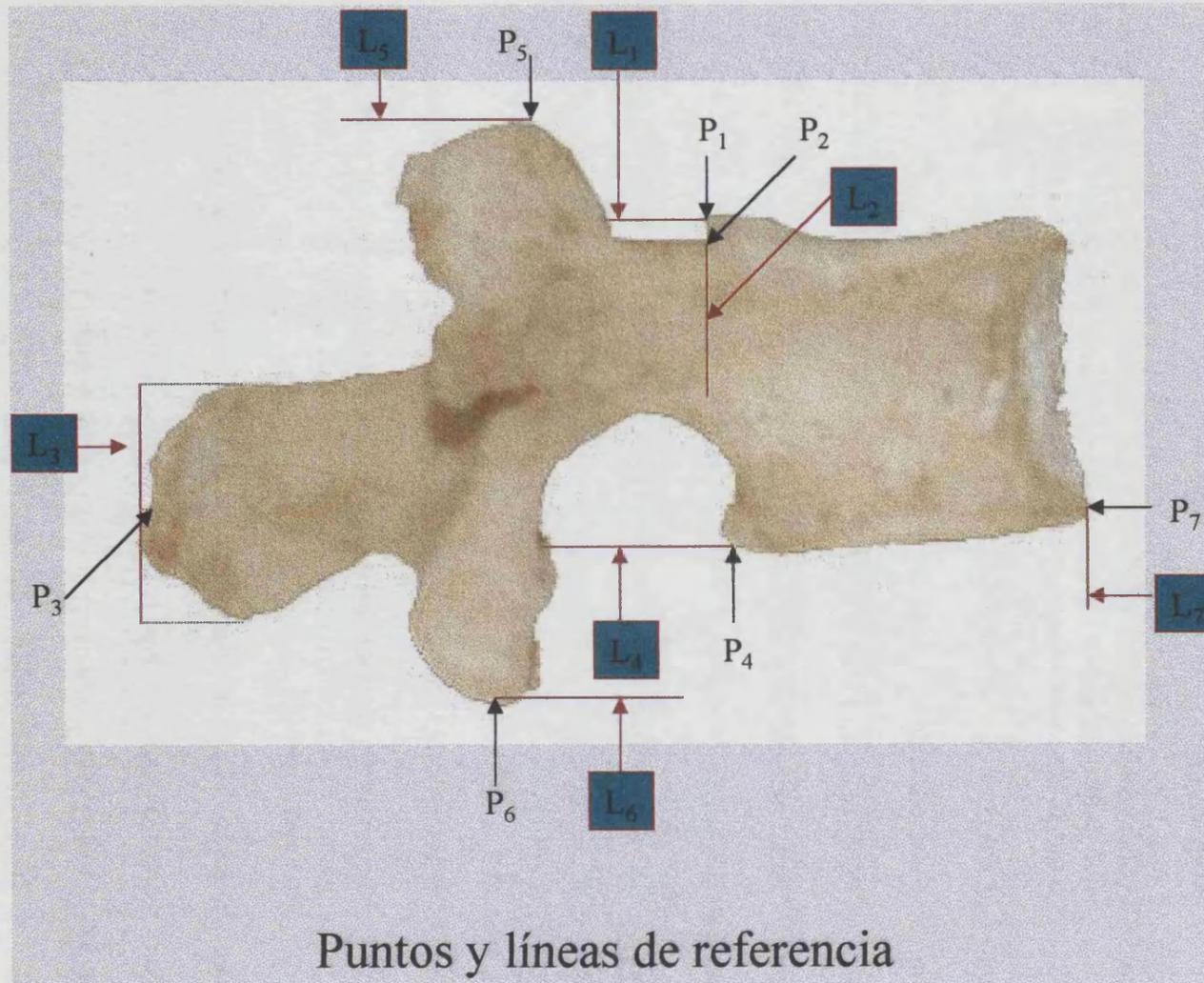


Figura 8

Tipo de variable	Lineal		Angular		Superficie	Relación		
Cuerpo vertebral.	<i>ACa</i> <i>ACp</i> <i>ACm</i> <i>LPs</i> <i>LPi</i> <i>LPm</i>	Altura anterior Altura posterior Altura media Longitud superior Longitud inferior Longitud media	<i>IPi</i>	Inclinación				
Pedículos	<i>AsP*</i> <i>AP*</i> <i>AiP*</i> <i>LsP*</i> <i>LTP*</i>	Altura suprapedicular Altura pedicular Altura infrapedicular Longitud suprapedicular Longitud transpedicular						
Procesos articulares	<i>ATA*</i>	Altura total articular						
Proceso espinoso	<i>LE</i>	Longitud	<i>IE</i>	Inclinación				
Conjunto vertebral	<i>LT</i>	Longitud total vertebral						
Porción superior Agujero conjunción	<i>PA*</i> <i>ML*</i> <i>MA*</i>	Perímetro Máxima longitud Máxima anchura			<i>A<sub>i</sub>*</i>	Área	<i>Co*</i>	Compacidad

Tabla 10. Cuadro resumen de variables. Se han marcado con un asterisco (\*) aquellas variables que han sido calculadas por ambos lados, derecho (D) e izquierdo (I).

## Variables

### Cuerpo vertebral

- ACa*: *Altura anterior del cuerpo*: distancia entre el punto más elevado y anterior de la epífisis superior del cuerpo vertebral y el punto más inferior y anterior de la epífisis inferior del cuerpo.
- ACp*: *Altura posterior del cuerpo*: distancia entre  $P_1$  y el punto más inferior y posterior de la epífisis inferior del cuerpo.
- ACm*: *Altura media del cuerpo*: distancia entre el punto de la epífisis superior del cuerpo que marca la distancia media entre los puntos de referencia superiores para el cálculo de *altura anterior del cuerpo* y *altura posterior*, y el punto de corte en sentido vertical con la epífisis inferior del cuerpo.
- LPs*: *Longitud del platillo superior*: distancia entre el punto más anterior y superior de la pared anterior del cuerpo vertebral y el punto más posterior y superior de la pared posterior del cuerpo vertebral.
- LPI*: *Longitud del platillo inferior*: distancia entre el punto más anterior e inferior de la pared anterior del cuerpo vertebral y el punto más inferior y distal del platillo inferior.
- LPm*: *Longitud del platillo medio*: distancia entre la pared anterior del cuerpo vertebral y  $L_2$ , pasando por el punto medio de la variable *altura media del cuerpo*.
- IPI*: *Inclinación del platillo inferior*: ángulo de inclinación existente entre el punto más anterior e inferior de la epífisis inferior del cuerpo vertebral y el punto más inferior y distal de la epífisis inferior. Definimos como *ángulo positivo* aquel que crece en el sentido de las agujas del reloj, y *negativo* en sentido contrario al de las agujas del reloj.

### Arco neural

- AsP*: *Altura suprapedicular*: distancia entre el borde superior del pedículo, pasando por el punto medio de la línea que define *Longitud suprapedicular*, y  $L_1$ .
- AP*: *Altura pedicular*: distancia entre el borde superior e inferior del pedículo.
- AiP*: *Altura infrapedicular*: distancia entre el borde inferior del pedículo y  $L_4$ .
- LsP*: *Longitud suprapedicular*: longitud de la línea horizontal trazada desde  $P_2$  hasta la cortical de la apófisis articular superior.
- LTP*: *Longitud transpedicular*: distancia entre la raíz del pedículo, partiendo del punto más posterior del mismo, hasta la cortical anterior del cuerpo vertebral.
- ATA*: *Altura total articular*: distancia entre los puntos más distales de las apófisis articulares superior e inferior de un mismo lado.
- LE*: *Longitud del proceso espinoso*: distancia entre el punto de inicio la *altura media del cuerpo* y  $P_3$ .
- IE*: *Inclinación del proceso espinoso*: ángulo de inclinación existente entre el punto de inicio de la *altura media del cuerpo* y  $P_3$ .
- LT*: *Longitud total vertebral*: distancia entre el punto más anterior e inferior de la epífisis inferior del cuerpo vertebral y la proyección vertical del punto más distal del proceso espinoso.

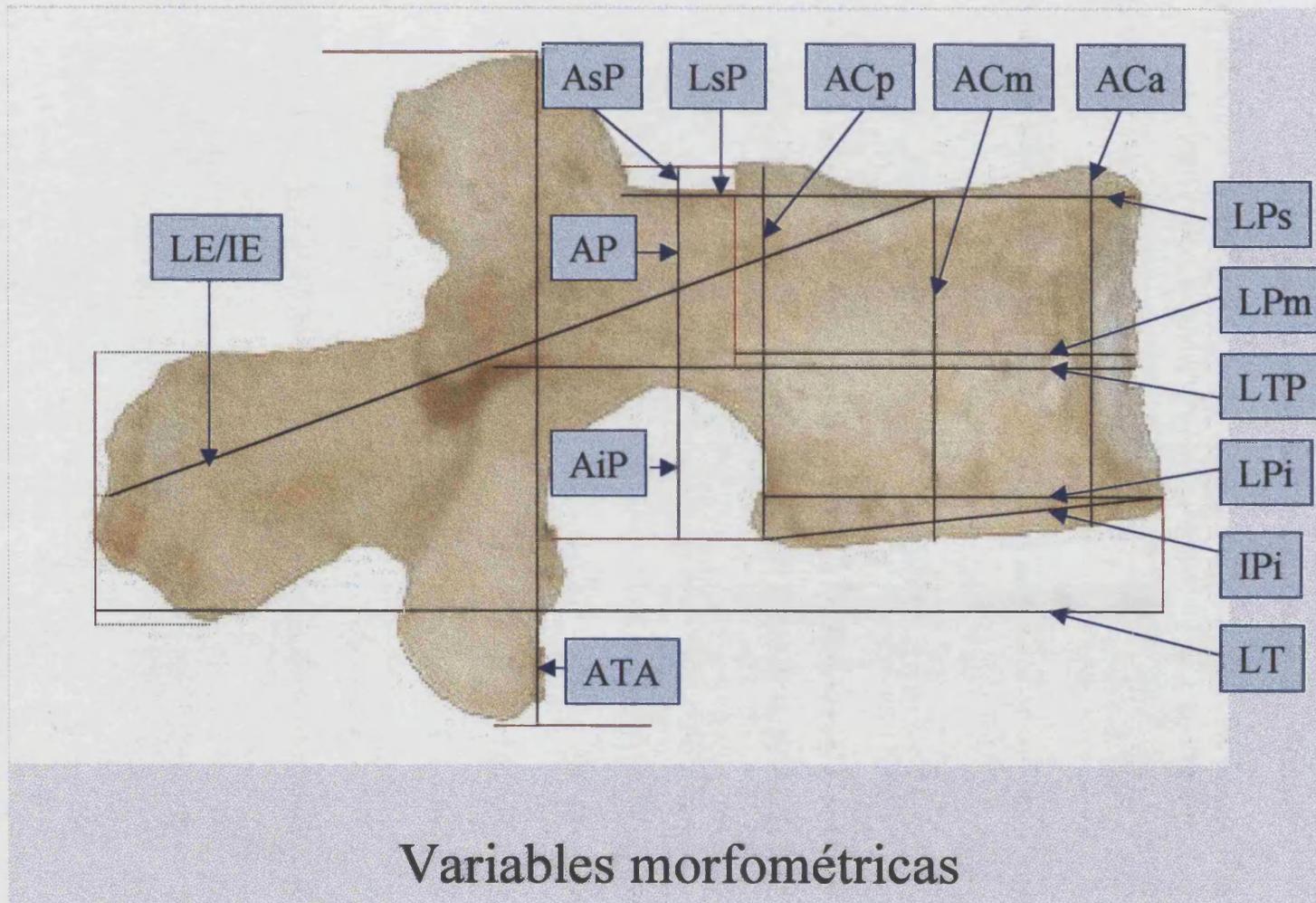


Figura 9

### **Agujero de conjunción**

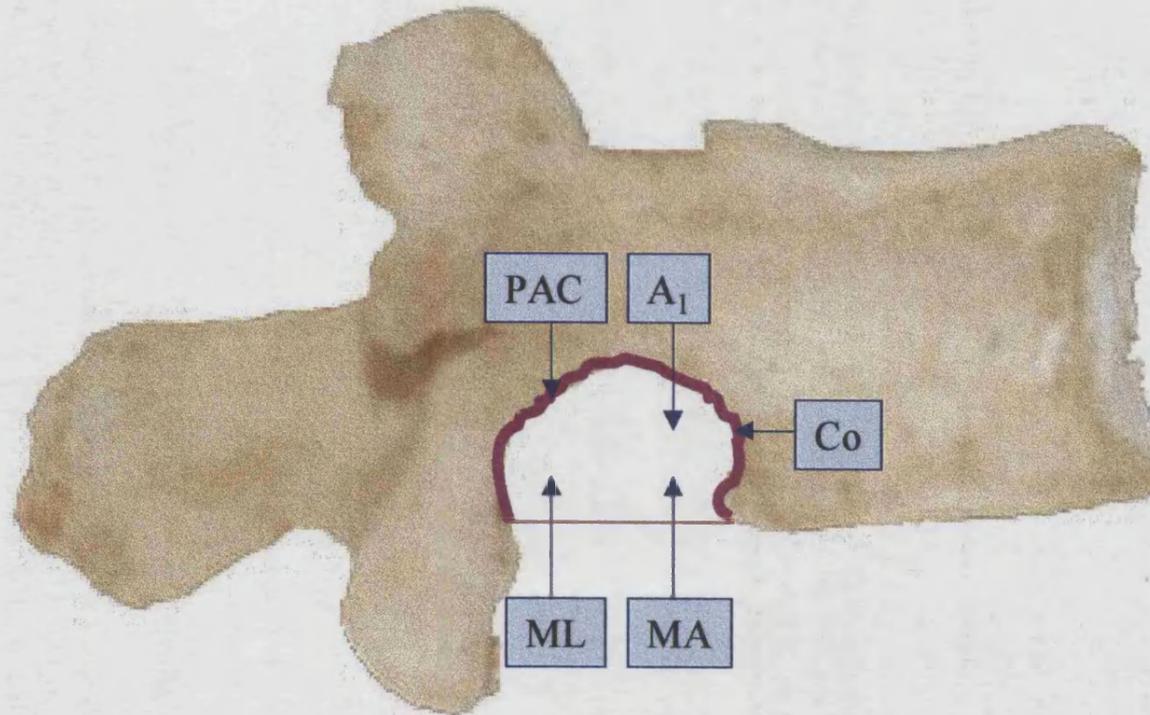
*PA:* *Perímetro del agujero de conjunción:* partiendo de  $L_4$ , longitud de la línea que resulta de contornear el borde posterior del cuerpo vertebral, el borde inferior del pedículo y la cara anterior de la apófisis articular inferior.

*A<sub>1</sub>:* *Área del agujero de conjunción:* aquella comprendida dentro del perímetro definido por la variable *perímetro del agujero de conjunción*.

*MA:* *Máxima altura:* aquella encontrada en el área definida por la variable *área del agujero de conjunción*.

*ML:* *Máxima longitud:* encontrada en el área definida por la variable *Área del agujero de conjunción*.

*Co:* *Compacidad* = 
$$\frac{4 \pi A_1}{PA^2}$$



**Variables morfométricas  
porción superior del agujero de conjunción**

Figura 10

## **INSTRUMENTOS Y REGISTROS**

### **Plantilla de determinación del género del procedimiento cualitativo**

Dos tablas de doble entrada, una para coxales y otra para sacro, haciendo constar el número de columna y las características anatómicas mediante las siglas definidas. Para referir al género masculino o femenino se utilizaron las abreviaturas m o f, respectivamente, según fuese la característica de cada columna.

### **Sistema de colocación de las piezas vertebrales**

Sobre una superficie, completamente horizontal y lisa, se situaron dos plataformas de forma cúbica de 25x5x25 cm (figura 11). La distancia entre ambas fue de 50 cm. Sobre una de las plataformas se situó la cámara de vídeo y se fijó a su superficie. La cámara ofrecía una imagen de la segunda plataforma de forma que su eje óptico pasaba por su centro. Esta segunda plataforma poseía una superficie milimetrada, con el objeto de posicionar los elementos vertebrales de manera adecuada. Cada pieza vertebral se estabilizó en la plataforma colocando sobre su epífisis inferior un pequeño trozo de pasta comercial moldeable.

### **Sistema de medición manual**

Se usó un pie de rey digital de precisión 0.01-150 mm de MITUTOYO CORPORATION<sup>®</sup> modelo "DIGIMATIC" serie 500-311.

### **Sistema de adquisición de imágenes y de almacenamiento**

Se utilizó una cámara de vídeo ICD - 840P RGB de Ikegami<sup>®</sup>. Se usó el sistema PAL para el barrido y codificación de la señal de vídeo. El objetivo era de distancia focal variable  $d$  12.5 - 75 mm, con diafragma de  $f$  1.6 - 22.

Como tarjeta digitalizadora se usó una TARGA+ de TRUEVISION<sup>®</sup> que adquiere imágenes policromas, trabajando sobre el BUS del PC.

### **Sistema de visualización**

Las imágenes almacenadas o el contenido de memoria de la tarjeta, se pueden visualizar a través de un monitor que recoge la señal analógica que codifica el conversor digital-analógico de la tarjeta. En el momento de la digitación son visualizadas en un monitor MITSUBISHI<sup>®</sup> de 14" modelo FA 3435L9ETKL de alta resolución, para que luego los resultados de los procesos sean monitorizados mediante la tarjeta TARGA+ en el monitor habitual del ordenador.

### **Software**

Como programa de análisis de imagen se usó el GIPS versión 4.05 de Image House Inc.<sup>®</sup> para TARGA+.

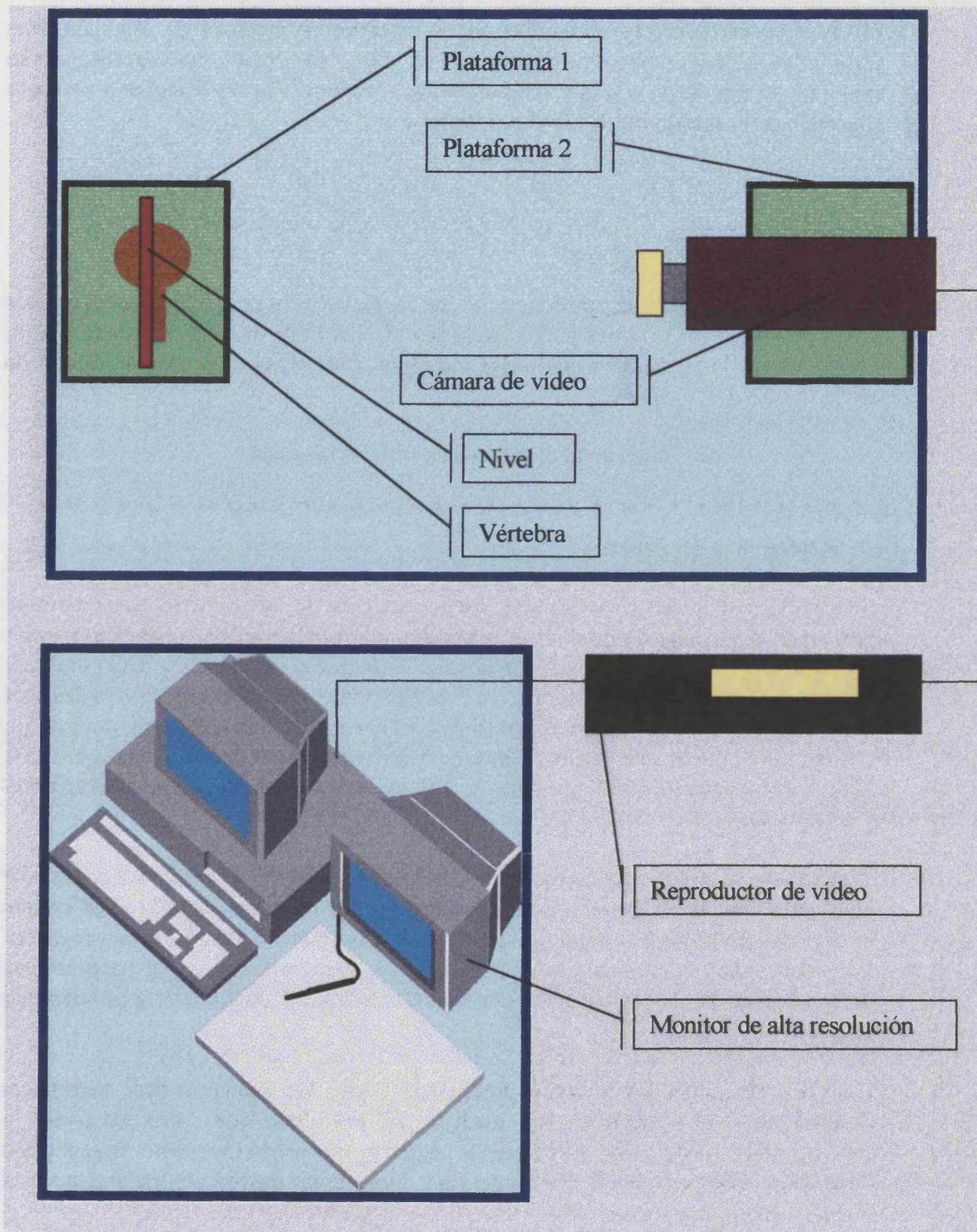


Figura 11

## TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO 5, 38, 58, 91

- El *error intraobservador* cometido en la toma de mediciones de los diámetros vertebrales anteroposterior y anterotransverso, y en las variables morfométricas en su conjunto, se determinó con una *estimación de la variabilidad intramedias o varianza* que viene determinada por la siguiente fórmula:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^a (x_i - \bar{x})^2}{n - a}$$

donde  $n$  es el número total de medidas obtenidas (número de objetos medidos multiplicado por el número de mediciones de ese objeto, siempre que todos los objetos se midieran el mismo número de veces).

$a$  representa el número de objetos medidos.

### 1. Determinación del género

- Con el fin de obtener un índice del comportamiento de las variables cualitativas se determinó el *índice de casos dudosos para cada característica* (tanto por cien de casos dudosos respecto al total de características). Este mismo índice se expresó para cada género y para el total de características. Para ello primero se obtuvo el número de casos concordantes con el *género predictivo final*, y el número de casos dudosos, por género, acumulado (suma de ambos géneros) y para cada característica de los coxales y el sacro. El total de características que se obtuvo de la suma de las características concordantes y las dudosas.
- Tras la obtención de todas las medidas se determinó la media y la desviación estándar para cada uno de las variables. Los resultados obtenidos mediante la clasificación anatómica, se compararon con los obtenidos con las variables diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso*. Tratamos de objetivar el grado de dimorfismo sexual que presentan dichos diámetros, y de esta manera ayudar a la clasificación de la muestra de columnas en géneros.
- Una vez obtenidos los géneros predictivos según las características anatómicas descriptivas, se agruparon las medias de los diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso* de todas las columnas según fueran predictivamente masculinas o femeninas. Esto permitió el cálculo de los valores de las medias separadamente para ambos diámetros y por sexos.
- De esta forma la clasificación obtenida para los diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso* está basada en características anatómicas exclusivamente, y no según el valor de sus magnitudes. Para conocer si dicha clasificación era capaz de crear dos

poblaciones para cada variable con medias estadísticamente distintas, realizamos un análisis comparativo de las medias de las variables diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso* en columnas masculinas y femeninas obtenidas tras aplicar el protocolo anatómico. Para ello se contrastó la igualdad de las dos medias mediante un *test-t para muestras independientes*. Se utilizó como significatividad del contraste  $\alpha = 0,05$ .

- Para conocer un índice de correcta asignación según las características anatómicas a un género predictivo se obtuvo el *punto de corte*. Definimos (S.M. MacLaughlin<sup>59</sup>) *punto de corte* como el punto medio entre las medias de los valores correspondientes a columnas masculinas y femeninas para cada variable, utilizando la clasificación anterior de las variables diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso* realizada según la *clasificación anatómica*. De ésta forma consideramos que las columnas asignadas como género predictivo masculino para una de las variables y que se encuentren al lado asignado como femenino del *punto de corte*, como asignadas a un género incorrecto, y viceversa. El resultado obtenido nos muestra un índice en tanto por ciento de correcta asignación del género predictivo anatómico.
- Con el fin de estudiar la muestra de columnas según las variables diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso*, y ver si éstas eran capaces de definir dos grupos diferenciados dentro del total de columnas, realizamos un *análisis de conglomerados jerárquico* para cada variable. Dichas poblaciones se construyen en torno a dos medias centrales, de forma que el *análisis de ANOVA* nos permita afirmar que hay diferencias significativas entre los grupos ( $p < 0.001$ ). Se clasificó nuevamente el total de columnas de la muestra según los resultados obtenidos mediante los conglomerados jerárquicos de cada variable. Se comparó con el sexo predictivo obtenido por la *clasificación anatómica*, viendo el grado de coincidencia en la asignación entre este y el obtenido para cada variable, obteniendo el porcentaje de correcta asignación a partir de los pares comparables entre ambas clasificaciones.
- Se representaron los valores de cada variable mediante el uso de *dendogramas*. Dicha representación muestra de forma esquemática el total de casos en forma de árbol, agrupando las medias en grupos, conformados según las distancias entre los valores. El número de grupos va disminuyendo de forma progresiva, hasta que el total de casos quedan clasificados en un grupo único. Esta representación nos muestra de forma visual en que medida las variables estudiadas son capaces de crear grupos diferenciados según lo explicado anteriormente. Se observa si estos grupos son semejantes a una posible diferenciación de las variables, explicable por la presencia de un dimorfismo sexual. Según los resultados obtenidos mediante los dendogramas para los diámetros *anteroposterior* y *anterotransverso* se clasificó una vez más la muestra de columnas, y se comparó con el sexo predictivo obtenido por la *clasificación anatómica*. Se obtuvo el porcentaje de correcta asignación a partir de los pares comparables entre ambas clasificaciones.

## 2. Morfometría

- **Comparación internivel:** Con el fin de analizar si las medias de las variables obtenidas para cada nivel eran significativamente distintas entre sí se utilizó un diseño de *bloques completamente aleatorizados*<sup>4</sup>, ya que los valores de las medias de los diferentes niveles vertebrales para una misma variable no eran variables independientes entre sí. Se analizaron por separado ambos géneros. Para dicho análisis se tuvo en cuenta el género de las columnas. Se utilizó como significatividad del contraste  $\alpha = 0,05$ . En los casos en que se rechazó la hipótesis de igualdad de medias, se realizó análisis “a posteriori”, con el fin de conocer que pares de niveles vertebrales presentaban diferencias significativas entre sí. Para ello, se obtuvieron los *intervalos de confianza* al 95 % ( $\alpha = 0,05$ ) y al 99,9 % ( $\alpha = 0,001$ ) de la diferencia entre las medias de las variables medidas en cada par específico de niveles vertebrales, considerando como significativas aquellas diferencias cuyos intervalos no contuvieron el valor “0”. El intervalo de confianza  $100(1 - \alpha)$  para la diferencia de medias entre dos niveles vertebrales  $i$  y  $j$  viene determinado por:

$$IC_{100(1-\alpha)}(\mu_i - \mu_j) = (y_i - y_j) \pm \sqrt{t_{(b-1)(k-1)}(1-\alpha/2) \text{MSE} \cdot 2/b}$$

- donde  $y_i$  es la media de la variable en el nivel  $i$   
 $y_j$  es la media de la variable en el nivel  $j$   
 $b$  es el número de columna  
 $K$  es el número de niveles vertebrales (5)  
MSE es la media cuadrática entre niveles obtenida con el diseño de bloques aleatorizados.  
 $t_{n,\alpha}$  es el cuantil  $\alpha$  de una t-student con  $n$  grados de libertad.

- **Comparación intranivel:** Con el fin de comparar las medias de variables diferentes dentro de un mismo nivel vertebral se realizó un tests de los signos para muestras emparejadas. Utilizamos este modelo al considerar que se disponía de poca cantidad de datos. Se analizaron por separado las variables de género masculino y femenino. Se utilizó como significatividad del contraste  $\alpha = 0,05$ .
- **Comparación entre variables según el género:** Con el fin de conocer si existían diferencias significativas entre variables de ambos géneros, es decir, si el factor género era significativo, se planteó un *modelo lineal general de medidas repetidas*. Se utilizó este modelo puesto que las cinco medidas obtenidas en los correspondientes niveles lumbares para una misma variable pertenecen a un mismo sujeto. Analizamos por separado los dos efectos del modelo (factor género y factor nivel). Del total de variables estudiadas solo se seleccionaron las del lado derecho, ya que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el estudio comparativo entre las variables homólogas derechas e izquierdas.
- Para estudiar el efecto nivel<sup>1</sup> se realizó previamente una *prueba de Esfericidad de Mauchly* para ver si tenía sentido utilizar un diseño de medidas repetidas o si por el contrario se debía utilizar un diseño multivariante. En las variables en que se obtuvo un

p-valor significativo, se comprobó el efecto del factor nivel mediante el estadístico *Lambda de Wilks* (medidas repetidas). Para las variables que se obtuvo un p-valor significativo la prueba de esfericidad de Mauchly se realizó un contraste multivariante utilizando el *estadístico de Greenhouse-Geisser*. La significatividad fue para todos los casos  $\alpha = 0,05$ . En las variables para las cuales se observó efecto nivel se realizó un contraste “a posteriori” para estudiar el tipo de relación que guardaban entre sí las medias correspondientes a cada uno de los niveles estudiados (*relación lineal, cuadrática, cúbica o de orden cuarto*).

- Con el fin de obtener las ratios existentes entre las alturas y las longitudes del cuerpo vertebral, se determinaron las relaciones entre la altura posterior y media, con la altura anterior del cuerpo, y la longitud media e inferior con la superior.

---

<sup>1</sup>Observar que no se trata del mismo análisis realizado en la comparación intranivel, puesto que ahora estudiamos el efecto nivel para todos las columnas de la muestra (teniendo en cuenta el género), mientras que antes analizábamos por separado las muestras correspondientes a ambos géneros.



## **RESULTADOS**

---



# RESULTADOS

## CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN EL GÉNERO

### 1. Método descriptivo

#### A. CARACTERÍSTICAS DE LOS COXALES

El resultado de la aplicación del protocolo se muestra en la tabla 11.

Nº COL	CP	RI	SP	AO	ASI	ECM	HI
1	-	-	-	-	-	-	-
2	f	f	f	f	f	f	f
3	m	m	DUDOSO	m	m	m	DUDOSO
4	m	m	DUDOSO	m	m	m	m
5	DUDOSO	f	f	f	f	DUDOSO	f
6	m	m	m	m	m	m	m
7	f	DUDOSO	m	m	DUDOSO	f	DUDOSO
8	f	f	f	f	f	f	f
9	f	f	f	f	DUDOSO	DUDOSO	f
10	f	f	f	f	f	f	f
11	m	m	m	m	m	m	m
12	m	m	m	m	m	m	m
13	f	f	f	f	f	f	f
14	m	m	m	m	DUDOSO	DUDOSO	m
15	DUDOSO	m	m	m	m	m	m
16	m	m	DUDOSO	m	m	DUDOSO	m
17	m	DUDOSO	DUDOSO	m	m	m	m
18	m	m	DUDOSO	m	DUDOSO	m	m
19	DUDOSO	m	m	m	m	m	DUDOSO
20	m	m	m	m	m	m	m
21	DUDOSO	m	m	m	m	m	m
22	f	f	f	DUDOSO	DUDOSO	f	f
23	m	m	m	m	m	m	DUDOSO
24	f	f	DUDOSO	DUDOSO	f	f	f
25	f	m	m	f	m	DUDOSO	m
26	m	m	m	m	m	DUDOSO	m
27	m	f	m	m	m	DUDOSO	m
28	f	f	f	f	f	f	f

N° COL	CP	RI	SP	AO	ASI	ECM	HI
29	m	m	m	m	m	m	DUDOSO
30	f	f	f	f	f	f	f
31	m	m	m	m	DUDOSO	m	m
32	m	m	m	m	m	m	m
33	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 11. Cuerpo del pubis (CP); ramas isquiopubianas (RI); sínfisis púbica (SP); agujero obturador (AO); articulación sacroiliaca (ASI); escotadura ciática mayor (ECM); hueso iliaco (HI); característica masculina (m); característica femenina (f).

Se obtuvieron un total de dieciocho columnas con géneros predictivos masculinos y diez femeninos, siendo tres los dudosos.

Género Predictivo	Masculino	Femenino	Dudoso	Coxales ausentes
N° COL	3, 4, 6, 11, 12, 14, 15, 16 17, 18, 19, 20, 21, 23, 26, 29, 31, 32	2, 5, 8, 9, 10, 13, 22, 24, 28, 30	7, 25, 27	1, 33
TOTAL	18	10	3	2

Tabla 12. Número de columna de la muestra asignado a cada género predictivo (N° COL).

	Masculino		Femenino		Acumulativo		
	CC	CD	CC	CD	CC	CD	IPD <sub>c</sub> (%)
CP	15	3	9	1	24	4	14,29
RI	17	1	10	0	27	1	3,57
SP	13	5	9	1	22	6	21,43
AO	18	0	8	2	26	2	7,14
ASI	15	3	8	2	23	5	17,86
ECM	15	3	8	2	23	5	17,86
HI	14	4	10	0	24	4	14,29
Totales	107	19	62	8	164	32	196
	IPD <sub>m</sub> (%)	6,63	IPD <sub>f</sub> (%)	8,75	IPD <sub>t</sub> (%)	16,33	

Tabla 13. Casos concordantes con el género predictivo final (CC); n° de casos dudosos, por género, acumulado (suma de ambos géneros) y para cada característica del sacro (CD); índice de casos dudosos para cada característica (IPD<sub>c</sub>); índice de casos concordantes y dudosos en tanto por cien para cada característica para género masculino (IPD<sub>m</sub>), género femenino (IPD<sub>f</sub>) y para el total de características (IPD<sub>t</sub>); cuerpo del pubis (CP); ramas isquiopubianas (RI); sínfisis púbica (SP); agujero obturador (AO); articulación sacroiliaca (ASI); escotadura ciática mayor (ECM); hueso iliaco (HI).

## B. CARACTERÍSTICAS DEL SACRO

El resultado de la aplicación del protocolo se muestran en la tabla 14.

N° COL°	ALS	ANS	OS	CS	ACC	NSS
1	f	f	f	f	2	5
2	f	f	f	f	2	5
3	m	DUDOSO	m	m	3	6
4	m	m	m	m	3	5
5	DUDOSO	f	f	f	2	5
6	m	m	m	m	2	5
7	m	DUDOSO	f	f	3	5
8	f	f	f	f	2	5
9	DUDOSO	f	f	f	2	5
10	f	f	f	f	2	5
11	m	m	m	m	3	5
12	m	m	m	m	2	5
13	-	-	-	-	-	-
14	m	m	m	m	2	6
15	m	m	m	m	3	6
16	DUDOSO	DUDOSO	m	m	3	5
17	m	m	m	m	3	5
18	DUDOSO	m	m	m	2	5
19	m	m	m	m	3	7
20	m	m	m	m	2	5
21	DUDOSO	DUDOSO	m	m	3	5
22	f	f	f	f	2	5
23	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-
25	m	f	f	f	2	5
26	m	m	DUDOSO	DUDOSO	2	5
27	m	f	f	f	2	5
28	f	f	f	f	2	5
29	m	DUDOSO	m	m	2	5
30	f	f	f	f	2	5
31	m	m	m	m	3	5
32	m	m	m	m	m	m
33	-	-	-	m	m	m

Tabla 14. Altura del sacro (ALS); anchura del sacro (ANS); oblicuidad (OS); curvatura (CS); altura de la cara articular con el coxal (ACC); n° de segmentos (NSS); característica masculina (m); característica femenina (f).

Tras la aplicación del mismo se obtuvieron un total de diecisiete géneros predictivos masculinos y nueve femeninos, siendo tres los dudosos.

SEXO PREDICTIVO	Masculino	Femenino	Dudoso	Sacos ausentes
Nº COL	3, 4, 6, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 29, 31, 32	1, 2, 5, 8, 9, 10, 22, 28, 30	7, 25, 27	13, 23, 24, 33
TOTAL	17	9	3	4

Tabla 15. Número de columna de la muestra asignado a cada género predictivo (Nº COL).

	Masculino		Femenino		Acumulativo		
	CC	CD	CC	CD	CC	CD	IPD <sub>a</sub> (%)
ALS	14	2	7	2	21	4	19,05
ANS	13	4	9	0	22	4	18,18
OS	16	1	9	0	25	1	4
CS	16	1	9	0	25	1	4
ACC	17	0	9	0	26	0	0
NSS	17	0	9	0	26	0	0
Totales	93	8	52	2	145	10	189
	IPD <sub>m</sub> (%)	7,92	IPD <sub>f</sub> (%)	3,70	IPD <sub>T</sub> (%)	6,45	

Tabla 16. Casos concordantes con el género predictivo final (CC); nº de casos dudosos, por género, acumulado (suma de ambos géneros) y para cada característica del sacro (CD); índice acumulativo de casos dudosos en tanto por cien para cada característica (IPD<sub>a</sub>); índice acumulativo de casos concordantes y dudosos en tanto por cien para cada característica para género masculino (IPD<sub>m</sub>), género femenino (IPD<sub>f</sub>) y para el total de características (IPD<sub>T</sub>); altura del sacro (ALS); anchura del sacro (ANS); oblicuidad (OS); curvatura (CS); altura de la cara articular con el coxal (ACC); nº de segmentos (NSS).

## 2. Género predictivo final

En la tabla 17 se recogen, para sacro y huesos coxales, y por número de columna, las puntuaciones obtenidas calculándose el género predictivo final y la puntuación final. Se hace constar en la tabla el número de criterios concordantes, discordantes y dudosos obtenidos.

NC	Coxales					Sacro					GPF	
	CC	CD	CDc	SPP	PTp	CC	CD	CDc	SPS	PTs	GPF	PF
1	-	-	-	-	0	6	0	0	F	6	F	6
2	7	0	0	F	7	6	0	0	F	6	F	13
3	5	2	0	M	5	7	1	0	M	7	M	13
4	6	1	0	M	6	7	0	0	M	7	M	13
5	5	2	0	F	5	5	1	0	F	5	F	10
6	7	0	0	M	7	6	0	0	M	6	M	13
7	3	3	1	D	0	5	1	1	D	0	D	0
8	7	0	0	F	7	6	0	0	F	6	F	13
9	5	2	0	F	5	5	1	0	F	5	F	10
10	7	0	0	F	7	6	0	0	F	6	F	13
11	7	0	0	M	7	7	0	0	M	7	M	14
12	7	0	0	M	7	6	0	0	M	6	M	13
13	7	0	0	F	7	-	-	-	-	0	F	7
14	5	2	0	M	5	7	0	0	M	7	M	12
15	6	1	0	M	6	8	0	0	M	8	M	14
16	5	2	0	M	5	4	2	0	M	4	M	9
17	5	2	0	M	5	7	0	0	M	7	M	12
18	5	2	0	M	5	4	1	0	M	4	M	9
19	5	2	0	M	5	8	0	0	M	8	M	13
20	7	0	0	M	7	5	0	0	M	5	M	12
21	6	1	0	M	6	5	2	0	M	5	M	11
22	5	2	0	F	5	6	0	0	F	6	F	11
23	6	1	0	M	6	-	-	-	-	0	M	6
24	5	2	0	F	5	-	-	-	-	0	F	5
25	4	1	2	D	0	5	1	1	D	0	D	0
26	6	1	0	M	6	5	1	0	M	5	M	11
27	5	1	1	D	0	5	1	1	D	0	D	0
28	7	0	0	F	7	6	0	0	F	6	F	13
29	6	1	0	M	6	5	1	0	M	5	M	11
30	7	0	0	F	7	6	0	0	F	6	F	13
31	6	1	0	M	6	7	0	0	M	7	M	13
32	7	0	0	M	7	6	0	0	M	6	M	13
33	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0	-	0

Tabla 17. N° de columna (NC); n° de características concordantes (CC); n° de características dudosas (CD); n° de características discordantes (CDc); sexo predictivo del sacro (SPS); n° de características totales asignadas para la determinación del sexo predictivo del sacro para dicha columna (Pts); sexo predictivo de la pelvis (SPP); n° de características totales asignadas en la determinación del sexo predictivo de la pelvis para dicha columna (Ptp); género predictivo final para esa columna (GPF); n° de puntos totales obtenidos en la determinación del sexo predictivo final, sumatorio de PTs más Ptp (PF); sexo predictivo final dudoso (D); masculino (M); femenino (F).

### 3. Método cuantitativo

Los resultados se muestran en tabla 18. La estimación del error cometido es de  $\pm 0,694$  mm. para el *diámetro anteroposterior* y de  $\pm 0,41$  mm. para el *anterotransverso*.

N° COL	ATD T12	SD <sub>ATD T12</sub>	APD T11	SD <sub>APD T11</sub>
1	27,8300	0,4440	16,8880	0,0828
2	29,4560	0,1798	17,8660	0,0861
3	28,8700	0,2034	22,0280	0,1438
4	38,7380	0,2559	24,9860	0,1256
5	25,3400	0,2873	-	-
6	33,3380	0,2555	24,2680	0,1369
7	32,0500	0,0311	20,5560	0,0716
8	26,9640	0,2888	19,4180	0,2441
9	-	-	-	-
10	25,8860	0,2489	18,7880	0,1099
11	31,4500	0,1859	21,1180	0,1994
12	37,6800	0,2764	28,8680	0,3636
13	24,3220	0,1048	19,8260	0,1747
14	30,2740	0,2212	20,0540	0,2822
15	29,9620	0,2395	20,9680	0,2169
16	35,0520	0,3767	23,4620	0,1043
17	-	-	26,4020	0,2894
18	33,0000	0,7529	-	-
19	29,5080	0,6758	-	-
20	-	-	22,4400	0,1112
21	32,9300	0,2428	23,7120	0,1769
22	28,7800	0,1846	22,4840	0,1199
23	31,4680	0,3236	23,6480	0,1943
24	29,6440	0,4303	18,8100	0,8313
25	37,5500	0,4949	23,9060	0,2390
26	31,1160	0,2579	18,7720	0,1950
27	33,5360	0,1279	24,0380	0,1466
28	26,0940	0,3334	16,4680	0,1919
29	32,3060	0,1157	21,9000	0,1017
30	28,2340	0,4504	21,7700	0,0969
31	31,2460	0,1196	20,2520	0,1337
32	31,9860	0,2898	23,9960	0,2376
33	27,5440	0,2252	19,3840	0,0643

Tabla 18. Número de columna en la muestra (N° COL); diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD); desviación standard (SD).

Resultado del cálculo de los valores de las medias separadamente para ambos diámetros y por sexos (tabla 19).

<i>medias M</i>	<i>media APD/M</i>	<i>SD APD/M</i>	<i>Medias M</i>	<i>media ATD/M</i>	<i>SD ATD/M</i>
n=15	22,6981	0,1815	n=16	32,4328	0,2995
<i>medias F</i>	<i>media apd/F</i>	<i>SD APD/F</i>	<i>Medias F</i>	<i>media ATD/F</i>	<i>SD ATD/F</i>
n=10	20,2394	0,1516	n=10	27,1686	0,2707

Tabla 19. Diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD); n° de columnas (n); desviación standar (SD); género masculino (M); género femenino (F).

En conclusión, existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de *el diámetro anteroposterior* en hombres y el *anteroposterior* en mujeres, al igual que para el *diámetro anterotransverso*, por lo que efectivamente la *clasificación anatómica*, aplicada a los valores de las variables comentadas, es capaz de crear dos poblaciones con medias diferentes.

Mostramos los *puntos de corte* obtenidos para el *diámetro anteroposterior* y el *anterotransverso* en la tabla 20. Figuran los porcentajes de correcta asignación de género para cada variable. La precisión combinada se obtiene de la relación entre el total de casos correctamente asignados y el número de columnas totales comparables a las cuales se les ha asignado género predictivo según la clasificación anatómica.

	<i>pc (mm)</i>		<i>Precisión en la asignación (%)</i>		
			<i>Masculinas</i>	<i>Femeninas</i>	<i>Combinada</i>
APD	T11	21,4688	82,35	77,78	83,33
ATD	T12	29,8007	88,24	100	92,59

Tabla 20. Punto de corte (pc); diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD).

Hemos representado en las gráficas adjuntas (figuras 12 y 13) la distribución de las columnas de la muestra según el valor de las medias de el *diámetro anteroposterior* y el *anterotransverso*, y su ubicación respecto al punto de corte por géneros predictivos.

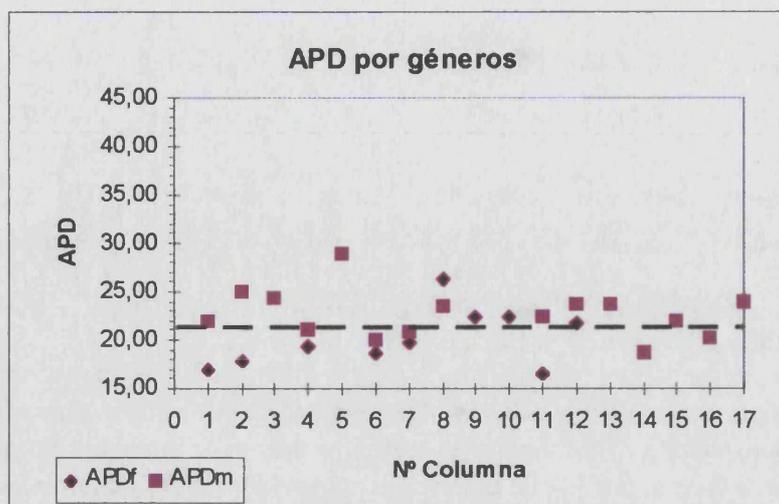


Figura 12. Representación gráfica del diámetro anteroposterior (APD). La línea transversal indica el punto de corte para dicha variable; masculino (m); femenino (f).

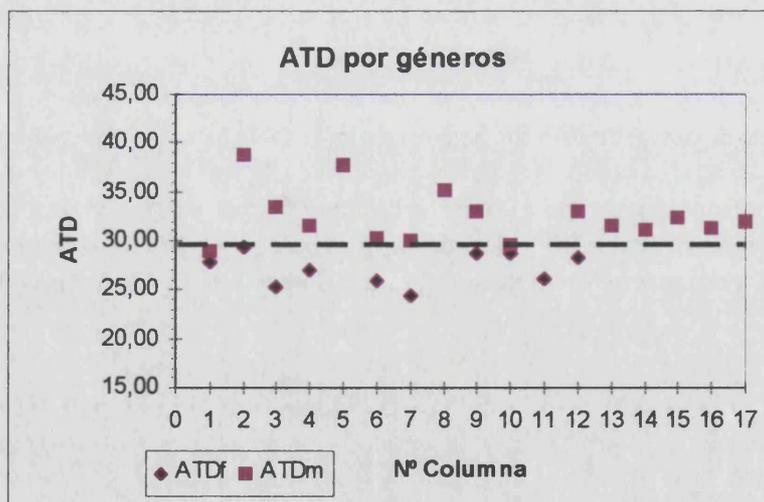


Figura 13. Representación gráfica del diámetro anterotransverso (ATD). La línea transversal indica el punto de corte para dicha variable; masculino (m); femenino (f).

### A. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES APD Y ATD MEDIANTE CONGLOMERADOS JERÁRQUICO

Para la variable *diámetro anteroposterior* se obtuvieron como centros de conglomerados finales 19,26 y 23,78, teniendo el primer conglomerado un total de 13 casos y el segundo 16, dándose por perdidos 4. Observamos que los casos asignados al primer grupo son las columnas de género femenino por que los valores de sus medias son inferiores a los del segundo grupo. Para la variable *diámetro anterotransverso* se obtuvieron como centros de conglomerados finales 28,59 y 34,38, teniendo el primer conglomerado un total de 19 casos y el segundo 11, dándose por perdidos 3. Observamos de igual forma que los casos asignados al primer grupo son las columnas de género femenino.

El resultado de la clasificación del total de columnas de la muestra según los conglomerados jerárquicos de cada variable se muestra en la tabla 21. Se compara con el sexo predictivo obtenido con la *clasificación anatómica*, viendo el grado de coincidencia en la asignación entre este y el obtenido para cada variable.

Col	Sexo según CA	Conglomerado APD	Coinc. en Asignación	Conglomerado ATD	Coinc. en Asignación
1	F	F	SI	F	SI
2	F	F	SI	F	SI
3	M	M	SI	F	NO
4	M	M	SI	M	SI
5	F	-	-	-	-
6	M	M	SI	M	SI
7	DUDOSO	F	-	H	-
8	M	F	SI	F	SI
9	M	-	-	-	-
10	F	F	SI	F	SI
11	M	M	SI	F	NO
12	M	M	SI	M	SI
13	F	F	SI	F	SI
14	M	F	NO	F	NO
15	M	F	NO	F	NO
16	M	M	SI	M	SI
17	M	M	-	-	-
18	M	-	-	M	SI
19	M	-	-	-	-
20	M	M	SI	-	-
21	M	M	SI	M	SI
22	F	M	NO	F	SI
23	M	M	SI	F	NO
24	F	F	SI	F	SI
25	DUDOSO	M	-	M	-
26	M	F	NO	F	NO
27	DUDOSO	M	-	M	-
28	F	F	SI	F	SI
29	M	M	SI	M	SI
30	F	M	NO	F	SI
31	M	F	NO	F	SI
32	M	M	SI	M	SI
33	DUDOSO	F	-	F	-

Tabla 21. Clasificación anatómica (CA); masculino (M); femenino (F); existe coincidencia entre las asignaciones (SI); no existe coincidencia entre las asignaciones (NO); diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD).

En la siguiente tabla (tabla 22) se observa en porcentaje la precisión obtenida a partir de los pares comparables entre las columnas clasificadas según los conglomerados jerárquicos de las variables *diámetro anteroposterior* y *anterotransverso* en comparación con la *clasificación anatómica* (no se han tenido en cuenta los casos dudosos según la *clasificación anatómica* o los perdidos según el estudio de conglomerados).

PRECISIÓN EN LA ASIGNACIÓN SEGÚN CONGLOMERADOS JERARQUICO	Precisión en la asignación (%)		
	Masculinas	Femeninas	Combinada
APD	75	77,78	76
ATD	60	100	75

Tabla 22. Diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD).

### B. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES APD Y ATD MEDIANTE DENDOGRAMAS

Se muestra en la figura 14 y la 15 los dendogramas obtenidos para las variables analizadas. En el dendograma el número de caso correspondería al número de columna de la muestra.

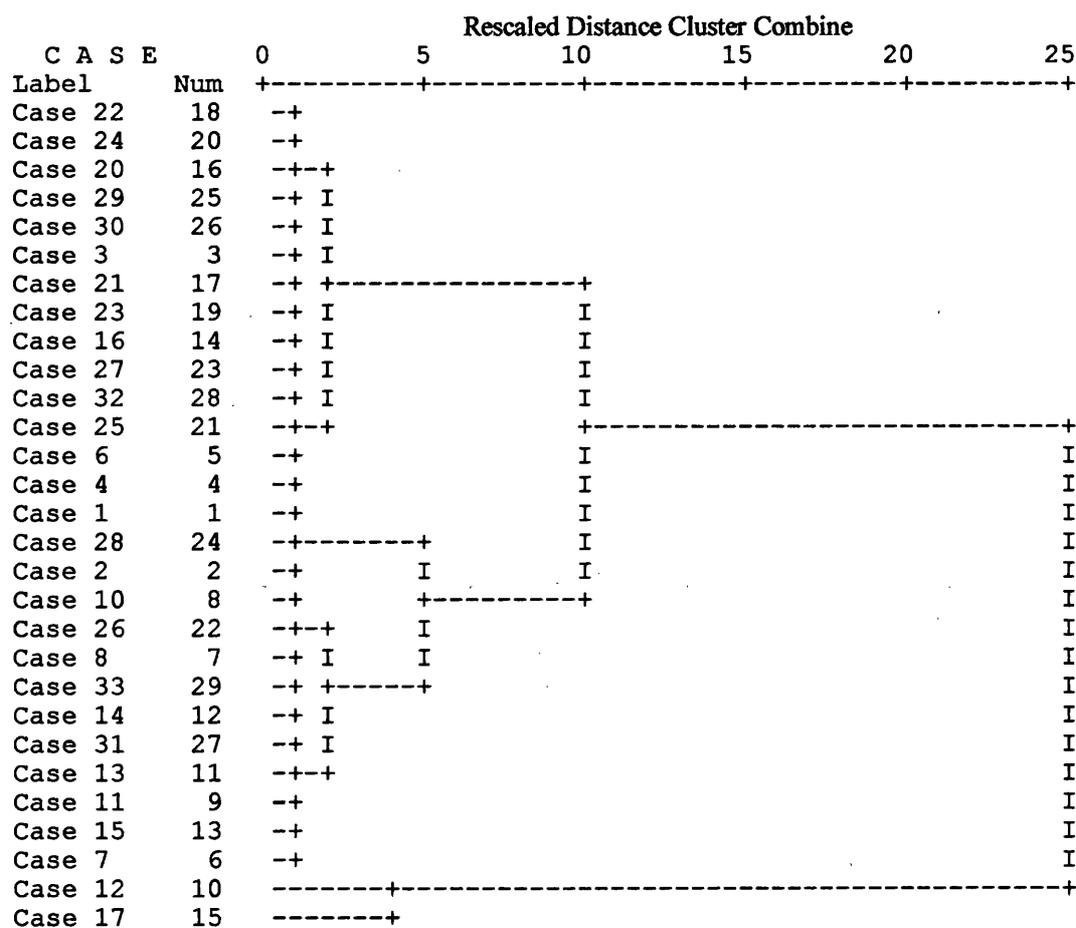


Figura 14. Dendogramas usando "Average Linkage" (entre grupos) para el diámetro anteroposterior (APD).

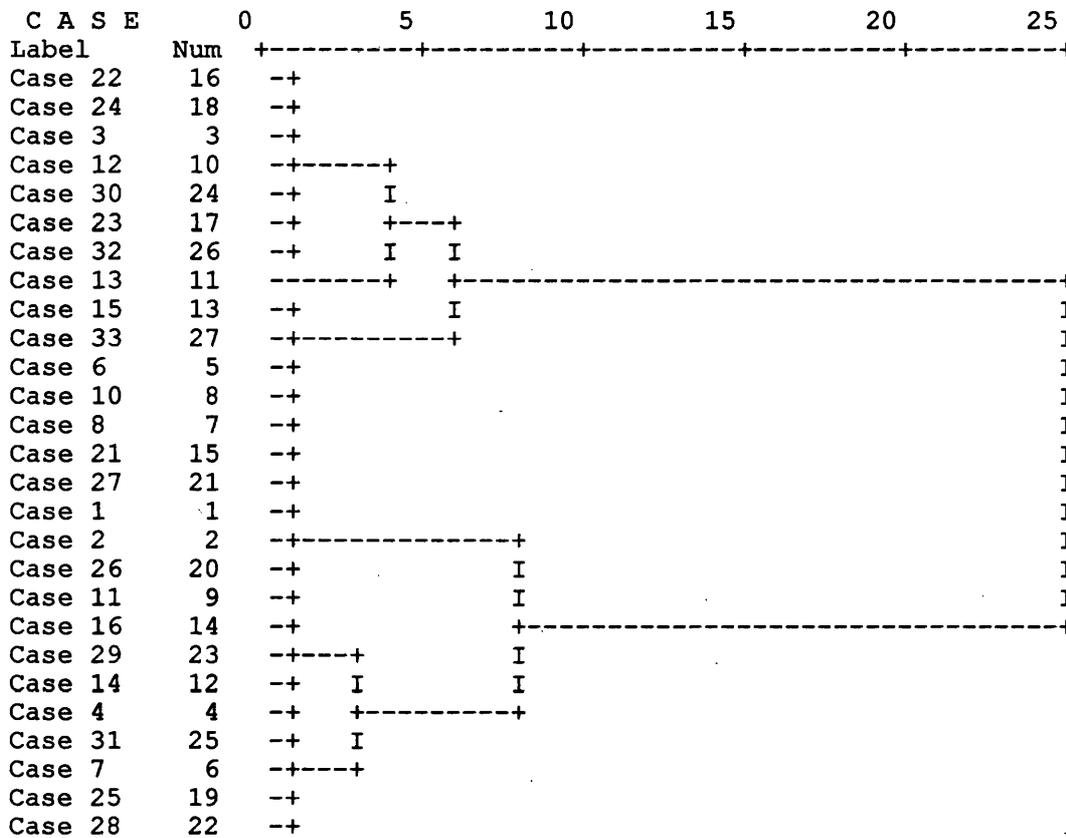


Figura 15. Dendogramas usando "Average Linkage" (entre grupos) para el diámetro anterotransverso (ATD)

En la tabla 23 se muestra el número de columna asignado a cada sexo según éste último procedimiento, comparando con el sexo predictivo obtenido por *clasificación anatómica*.

Col	Sexo según CA	Dendograma APD	Coinc. en Asignación	Dendograma ATD	Coinc. en Asignación
1	F	F	SI	F	SI
2	F	F	SI	F	SI
3	M	M	SI	F	NO
4	M	FG		FG	
5	F	FG		F	SI
6	M	FG		FG	
7	DUDOSO	FG		M	
8	M	F	NO	F	NO
9	M	FG		FG	
10	F	F	SI	F	SI
11	M	FG		M	SI
12	M	FG		FG	
13	F	F	SI	F	SI
14	M	F	NO	F	NO
15	M	FG		F	NO
16	M	M	SI	M	SI
17	M	FG		FG	
18	M	FG		FG	
19	M	FG		F	NO
20	M	M	SI	FG	
21	M	M	SI	FG	
22	F	FG		FG	
23	M	M	SI	M	SI
24	F	FG		FG	
25	DUDOSO	M		FG	
26	M	F	NO	M	SI
27	DUDOSO	M		FG	
28	F	F	SI	F	SI
29	M	M	SI	M	SI
30	F	M	NO	F	SI
31	M	F	NO	M	SI
32	M	M	SI	M	SI
33	DUDOSO	F		F	

Tabla 23. Género masculino (M); género femenino (F); caso que no está claramente asignado a un grupo (FG); existe coincidencia entre las asignaciones (SI); no existe coincidencia entre las asignaciones (NO); diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD).

En la tabla 24 se muestra en porcentaje la precisión obtenida a partir de los pares comparables entre las columnas clasificadas según los dendogramas de las variables *diámetro anteroposterior* y *anterotransverso* en comparación con la clasificación anatómica (no se han tenido en cuenta los casos dudosos según la *clasificación anatómica*).

PRECISIÓN EN LA ASIGNACIÓN SEGÚN DENDOGRAMAS	Precisión en la asignación (%)		
	Masculinas	Femeninas	Combinada
APD	60	83,33	71,67
ATD	100	58,33	79,17

Tabla 24. Diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD).

#### 4. Resumen de la clasificación de la muestra de columnas en géneros

Recogemos en un cuadro resumen (tabla 25) las conclusiones por géneros después de haber aplicado los diferentes protocolos a la muestra de columnas de manera esquemática y global. En primer lugar figura la *clasificación anatómica*, constanding el número total de columnas asignadas a cada género (*n*), el número de orden de las columnas correspondientes en la muestra estudiada (*en cursiva*) y los números de las columnas que fueron clasificadas como dudosas. Se ha hecho lo mismo con la clasificación según la aplicación del punto de corte, los conglomerados jerárquicos y los dendogramas para las variables *diámetro anteroposterior* y *anterotransverso*. Cuando se habla de coincidentes o no según la *clasificación anatómica* se hace respecto a los pares de columnas comparables. El *número de columnas* hace referencia a como dicho método ha clasificado la muestra sin comparación con otro método, mostrando primero cuantas columnas ha clasificado en cada género y luego en cursiva los números de las columnas según la muestra.

CLASIFICACIÓN	MASCULINAS	FEMENINAS
<b>SEGÚN CLASIFICACIÓN ANATÓMICA</b>		
<i>n</i>	19 (3,4,6,11,12,14,15,16,17,18,19,20,21,23,26,29)	11 (1,2,5,8,9,10,13,22,24,28,30)
Dudosas	3 (7,25,27)	3 (7,25,27)
<b>SEGÚN LAS VARIABLES APD Y ATD APLICANDO EL PUNTO DE CORTE</b>		
<b>APD</b>		
Comparables con CA	17	9
Coincidentes con CA	14	7
No coincidentes con CA	3 (14,23,33)	2 (22,30)
No poseen T11	4 (5,9,19,18)	4 (5,9,19,18)
Número de columnas consideradas según APD	16 (3, 4,11,12,15,16,17,18,19,20,21,22,23,29,31,32)	12 (1,2,5,8,9,13,14,26,24,28,33)
<b>ATD</b>		
Comparables con CA	17	10
Coincidentes con CA	15	10
No coincidentes con CA	2 (3, 19)	0
No poseen T12	5 (5,9,17,19,20)	5 (5,9,17,19,20)
Número de columnas consideradas según ATD	16 (3,4,11,12,15,16,17,18,19,20,21,22,23,29,31,32)	13 (1,2,3,5,8,9,10,13,19,22,24,28,30)
<b>SEGÚN CONGLOMERADOS JERÁRQUICO DE LAS VARIABLES APD Y ATD</b>		
<b>APD</b>		
Comparables con CA	16	9
Coincidentes con CA	12	7
No coincidentes con CA	4 (14, 15, 26, 31)	2 (22, 30)
No poseen T11	4 (5,9,19,18)	4 (5,9,19,18)
Número de columnas consideradas según APD	16 (3,4,6,11,12,16,17,20,21,22,23,25,27,29,30,32)	13 (1,2,7,8,10,13,14,15,24,26,28,31,33)
<b>ATD</b>		
Comparables con CA	15	9
Coincidentes con CA	9	9
No coincidentes con CA	6 (3, 11, 14, 15, 23, 26)	0
No poseen T12	5 (5,9,17,19,20)	5 (5,9,17,19,20)
Número de columnas consideradas	11 (4,6,7,12,16,18,21,25,27, 29,32)	19(1,2,3,8,10,11,13,14,15,22,23,24,26, 28,30,31,33)

CLASIFICACIÓN	MASCULINAS	FEMENINAS
<b>SEGÚN DENDOGRAMAS DE LAS VARIABLES APD Y ATD</b>		
<i>APD</i>		
Comparables con CA	10	6
Coincidentes con CA	6	5
No coincidentes con CA	4 (8, 14, 26, 31)	1 (30)
No poseen T11	4 (5,9,19,18)	4 (5,9,19,18)
Nº de columnas consideradas según APD	10 (3, 16, 20, 21, 23, 25, 27, 29, 30, 32)	10 (1, 2, 8, 10, 13, 14, 26, 28, 31, 33)
<i>ATD</i>		
Comparables con CA	12	7
Coincidentes con CA	7	7
No coincidentes con CA	5 (3, 8, 14, 15, 19)	0
No poseen T12	5 (5,9,17,19,20)	5 (5,9,17,19,20)
Nº de columnas consideradas según ATD	8 (7, 11, 16, 23, 26, 29, 31, 32)	13 (1, 2, 3, 5, 8, 10, 13, 14, 15, 19, 28, 30, 33)

Tabla 25. Diámetro anteroposterior (APD); diámetro anterotransverso (ATD).

## 5. COLUMNAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO MORFOMÉTRICO

Hemos escogido para el propósito del presente estudio de la columna lumbar, las columnas cuyo número de referencia en la muestra figura en tabla adjunta (tabla 26). Junto a este figura el género atribuido tras el estudio realizado anteriormente. Se han escogido 20 columnas, 12 masculinas y 8 femeninas, desechándose 13.

La columna número 7 se seleccionó para el estudio morfométrico asignándole un género predictivo masculino. A pesar de ser por la clasificación anatómica dudosa, su *diámetro anteroposterior* y *anterotransverso* y su *punto de corte* son marcadamente masculinas. Así mismo según el estudio de conglomerados jerárquicos dicha columna y para la variable *diámetro anterotransverso* se le asigna un género predictivo masculino.

Género	Número de columnas en la muestra											
M	3	6	7	11	12	14	15	16	17	(18)	20	21
F	1	5	8	9	10	13	(18)	24				

Tabla 26. Masculinas (M); femeninas (F).

## MORFOMETRÍA

La estimación del error cometido para las medidas morfométricas es de  $\pm 2,85$  mm.

### 1.Comparación internivel

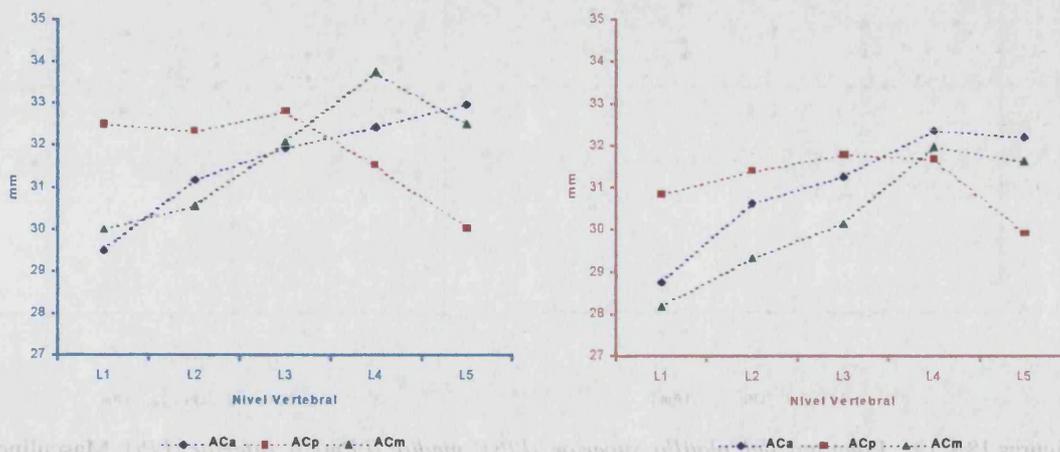
En las columnas con género masculino no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los cinco niveles vertebrales en las variables *longitud del platillo superior*, *longitud del platillo medio*, *altura infrapedicular izquierda*, *máxima altura del agujero de conjunción izquierda*. La tendencia de las variables se muestra en las tablas 18, 22 y 41.

En las columnas con género femenino no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los cinco niveles vertebrales en las variables *altura del cuerpo posterior*, *longitud del platillo superior e inferior*, *altura pedicular izquierda*, *altura infrapedicular derecha*, *longitud transpedicular derecha*, *inclinación de la espinosa*, y *área, perímetro y máxima altura del agujero de conjunción derechas*. La tendencia de las variables se muestra en las tablas 17,19, 23, 24, 28, 34, 36, 38 y 43.

### Cuerpo vertebral

#### Alturas

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en la figuras 16 y 17. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 27 y 28.



Figuras 16 y 17. Altura anterior del cuerpo (ACa), media (ACm) y posterior (ACp). Masculino —; Femenino —.

	ACa	ACp	ACm
M	0,0001*	0,0001*	0,0001*
F	0,0001*	0,251	0,003*

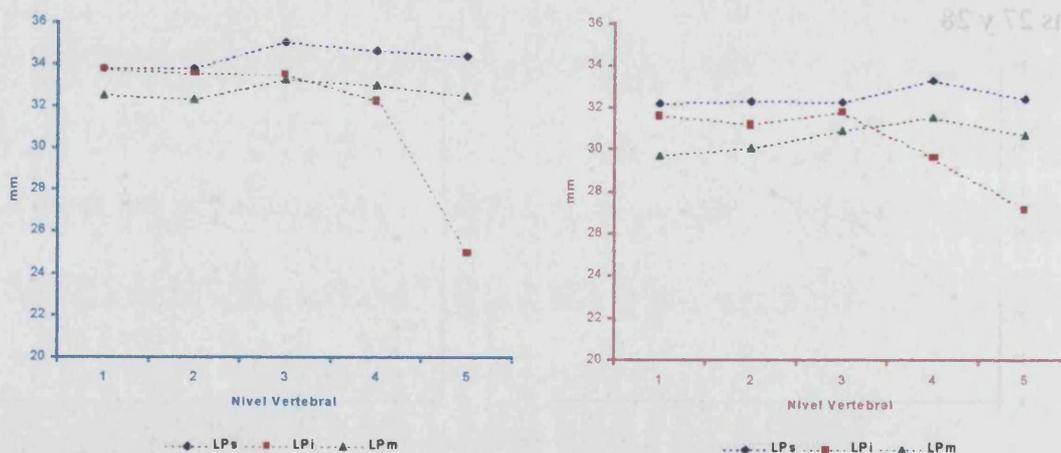
Tabla 27. Altura anterior del cuerpo (ACa), media (ACm) y posterior (ACp). \*  $p < ,05$ .

		M							
Derecha		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	ACa	-1,688**				-1,886*			
	ACm	-0,550				-1,132			
	ACp	0,191							
L3	ACa	-2,454**	-0,766			-2,511**	-0,625		
	ACm	-2,059**	-1,509**			-1,949*	-0,817		
	ACp	-0,275	-0,466						
L4	ACa	-2,957**	-1,269*	-0,503		-3,608**	-1,722*	-1,097	
	ACm	-3,739**	-3,189**	-1,680**		-3,796**	-2,664**	-1,847*	
	ACp	1,006	0,815	1,281*					
L5	ACa	-3,503**	-1,815**	-1,049	-0,546	-3,469**	-1,583	-0,958**	0,139
	ACm	-2,505**	-1,955**	-0,446	1,234*	-3,452**	-2,320**	-1,503**	0,344
	ACp	2,505**	2,314**	2,780**	1,499**				

Tabla 28. Altura anterior del cuerpo (ACa), media (ACm) y posterior (ACp). Masculino (M) y femenino (F). \* p < ,05; \*\* p < ,001.

Longitudes

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en la figuras 18 y 19. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 29 y 30.



Figuras 18 y 19. Longitud del platillo superior (LPs), medio (LPM) e inferior (LPi). Masculino -; Femenino -.

	LPs	LPi	LPM
M	0,267	0,0001*	0,65
F	0,475	0,075	0,02*

Tabla 29. Longitud del platillo superior (LPs), medio (LPM) e inferior (LPi). \* p < ,05.

Nivel	Derecha	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	LPm					-0,333			
	LPi	0,222							
L3	LPm					-1,175	-0,842		
	LPi	0,254	0,032						
L4	LPm					-1,791*	-1,458	-0,616	
	LPi	1,498**	1,276*	1,244*					
L5	LPm					-0,958	-0,625	0,217*	0,833
	LPi	8,764**	8,542**	8,510**	7,266**				

Tabla 30. Longitud del platillo superior (LPs), medio (LPm) e inferior (LPi). Masculino (M) y femenino (F). \* p < ,05 y \*\* p < ,001.

**Inclinación del platillo inferior**

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en la figura 20. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 31 y 32.

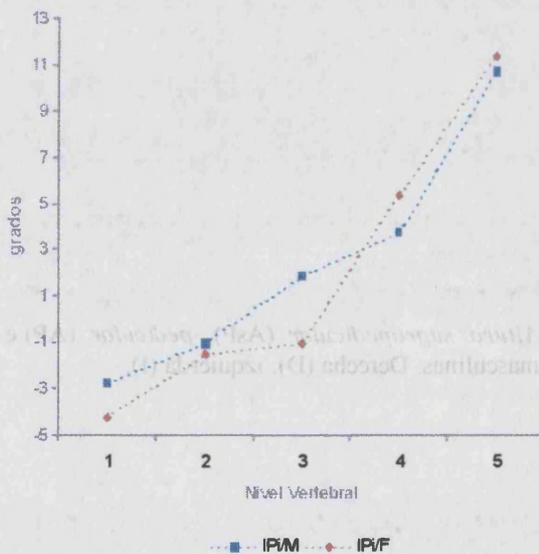


Figura 20. Inclinación del platillo inferior masculino (IPI/M) y femenino (IPI/F).

IPI  
M 0,003\*

F 0,0001\*

Tabla 31. Inclinación del platillo inferior (IPI). \* p < ,05.

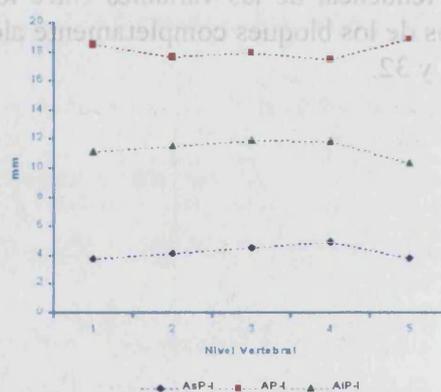
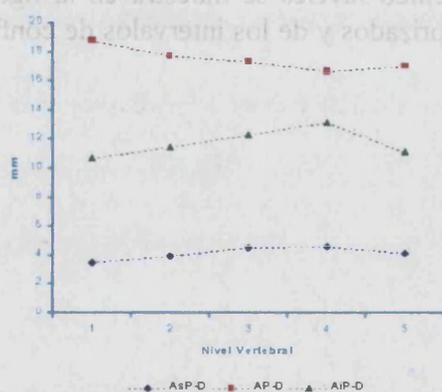
Derecha	M				F			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2 IPi	-1,746**				-2,666**			
L3 IPi	-4,649**	-2,903**			-3,173**	-0,507		
L4 IPi	-6,527**	-4,781**	-1,878**		-9,520**	-6,854**	-6,347**	
L5 IPi	-13,496**	-11,750**	-8,847**	-6,969**	-15,582**	-12,916**	-12,409*	-6,062**

Tabla 32. *Inclinación del platillo inferior (IPi). Masculino (M) y femenino (F). \* p < ,05 y \*\* p < ,001.*

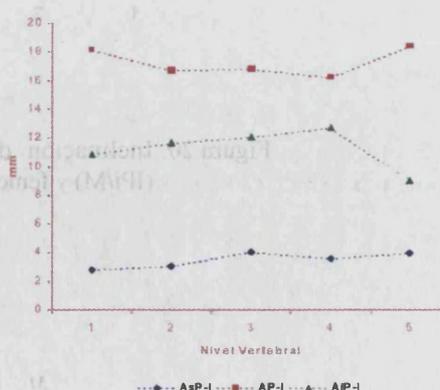
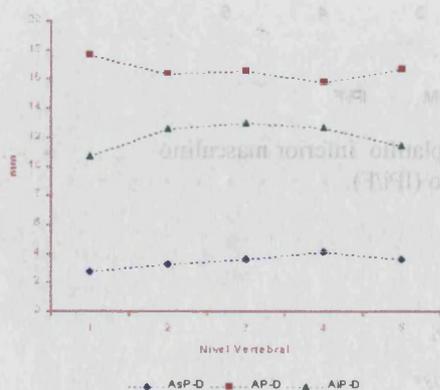
**Arco neural**

**Alturas pediculares**

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en las figuras 21 a 24. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 33 a 35.



Figuras 21 y 22. *Altura suprapedicular (AsP), pedicular (AP) e infrapedicular (AiP) masculinas. Derecha (D); izquierda (I).*



Figuras 23 y 24. *Altura suprapedicular (AsP), pedicular (AP) e infrapedicular (AiP) femeninas. Derecha (D); izquierda (I).*

	Derecha			Izquierda		
	AsP	AP	AiP	AsP	AP	AiP
M	0,005*	0,009*	0,0001*	0,003*	0,0001*	0,098
F	0,027*	0,011*	0,06	0,045*	0,14	0,0001*

Tabla 33. *Altura suprapedicular (AsP), pedicular (AP) e infrapedicular (AiP).* \*  $p < ,05$ .

	Derecha	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	AsP	-0,499				-0,485			
	AP	1,066				1,353			
	AiP	-0,826							
L3	AsP	-1,049	-0,550			-0,844	-0,359		
	AP	1,449**	0,383			1,114	-0,239		
	AiP	-1,652**	-0,826						
L4	AsP	-1,145	-0,646**	-0,096		-1,329	-0,844	-0,485	
	AP	2,095**	1,029	0,646		1,886*	0,533	0,772	
	AiP	-2,527**	-1,701	-0,875					
L5	AsP	-0,657	-0,158	0,392	0,488	-0,785	-0,300	0,059**	0,544
	AP	1,771**	0,705	0,322	-0,324	1,026	-0,327	-0,088	-0,860
	AiP	-0,508	0,318	1,144	2,019**				

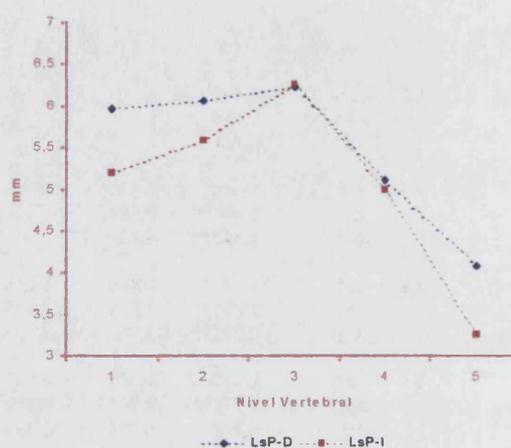
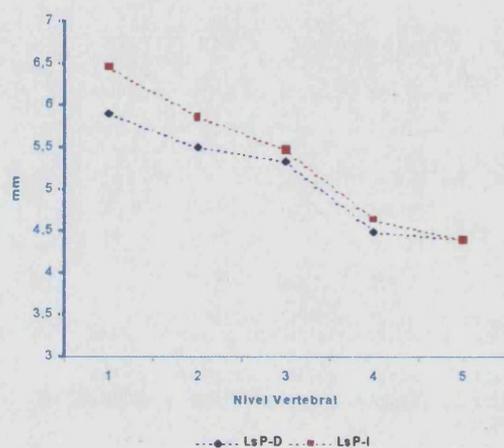
Tablas 34. *Altura suprapedicular (AsP), pedicular (AP) e infrapedicular (AiP) medidas por el lado derecho. Masculino (M) y femenino (F).* \*  $p < ,05$  y \*\*  $p < ,001$ .

	Izquierda	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	AsP	-0,385				-0,251			
	AP	0,862							
	AiP					-0,829			
L3	AsP	-0,779	-0,394			-1,201	-0,950		
	AP	0,634	-0,228						
	AiP					-1,210	-0,381		
L4	AsP	-1,186*	-0,801	-0,407		-0,755	-0,504	0,446	
	AP	1,077	0,215	0,443					
	AiP					-1,875*	-1,046	-0,665	
L5	AsP	-0,051	0,334	0,728	1,135	-1,160	-0,909	0,041*	-0,405
	AP	-0,325	-1,187*	-0,959	-1,402*				3,691**
	AiP					1,816*	2,645**	3,026*	

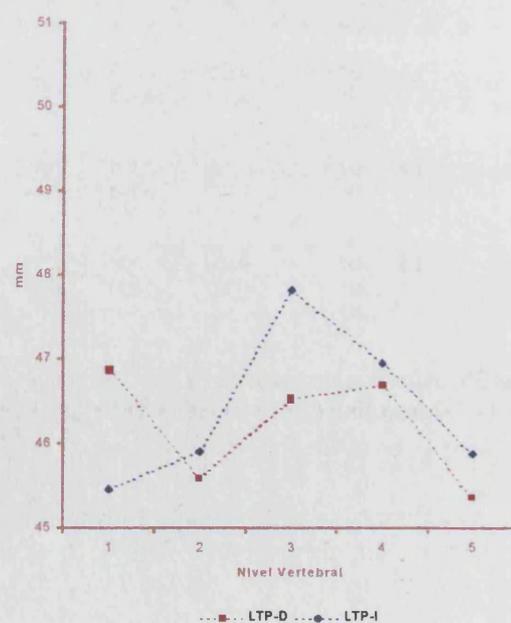
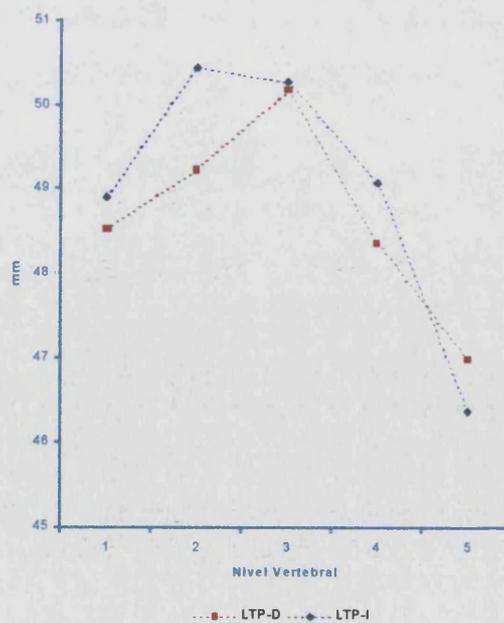
Tablas 35. *Altura suprapedicular (AsP), pedicular (AP) e infrapedicular (AiP) medidas por el lado izquierdo. Masculino (M) y femenino (F).* \*  $p < ,05$  y \*\*  $p < ,001$ .

### Longitudes pediculares

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en la figuras 25 a 28. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 36 a 38.



Figuras 25 y 26. Longitud suprapedicular (LsP). Derecha (D); Izquierda; Masculino —; Femenino —.



Figuras 27 y 28. Longitud transpedicular (LTP). Derecha (D); Izquierda; Masculino —; Femenino —.

	Derecha		Izquierda	
	LsP	LTP	LsP	LTP
<i>M</i>	0,0001*	0,037*	0,0001*	0,0001*
<i>F</i>	0,017*	0,222	0,004*	0,015*

Tabla 36. Longitud suprapedicular (LsP) y longitud transpedicular (LTP). \*  $p < ,05$ .

	Derecha	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
<b>L2</b>	<i>LsP</i>	0,396				-0,095			
	<i>LTP</i>	-0,713							
<b>L3</b>	<i>LsP</i>	0,565	0,169			-0,261	-0,166		
	<i>LTP</i>	-1,648**	-0,935						
<b>L4</b>	<i>LsP</i>	1,401*	1,005	0,836		0,856	0,951	1,117	
	<i>LTP</i>	0,159	0,872	1,807**					
<b>L5</b>	<i>LsP</i>	-1,503**	1,107	0,938	0,102	1,892*	1,987*	2,153*	1,036
	<i>LTP</i>	1,538**	2,251**	3,186**	1,379*				

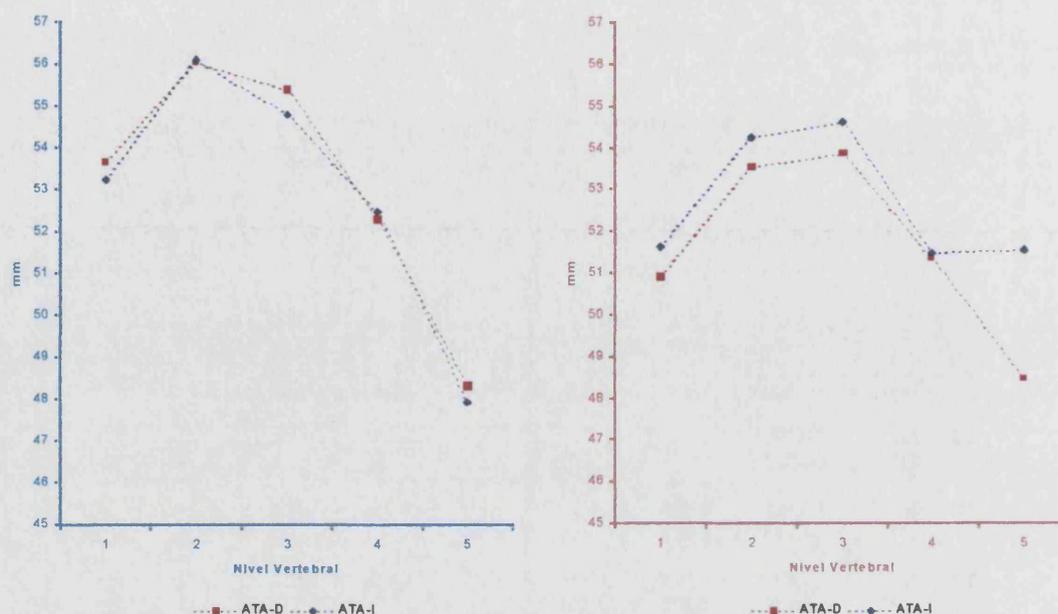
Tabla 37. Longitud suprapedicular (LsP) y transpedicular (LTP). Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

	Izquierda	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
<b>L2</b>	<i>LsP</i>	0,588				-0,370			
	<i>LTP</i>	-1,536**				-0,452			
<b>L3</b>	<i>LsP</i>	0,984	0,396			-1,046	-0,676		
	<i>LTP</i>	-1,377*	0,159			-2,354**	-1,902*		
<b>L4</b>	<i>LsP</i>	1,825**	1,237*	0,841		0,214	0,584	1,260	
	<i>LTP</i>	-0,172	1,364*	1,205*		-1,498	-1,046	0,856	
<b>L5</b>	<i>LsP</i>	2,060**	1,472**	1,076	0,235	1,946*	2,316**	2,992*	1,732*
	<i>LTP</i>	2,532**	4,068**	3,909**	2,704**	-0,425	0,027	1,929*	1,073

Tabla 38. Longitud suprapedicular (LsP) y transpedicular (LTP). Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

### Procesos articulares

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en las figuras 29 y 30. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 39 y 40.



Figuras 29 y 30. *Altura total articular (ATA). Derecha (D); Izquierda (I); Masculino –; Femenino –.*

	ATA-D	ATA-I
M	0,0001*	0,0001*
F	0,003*	0,032*

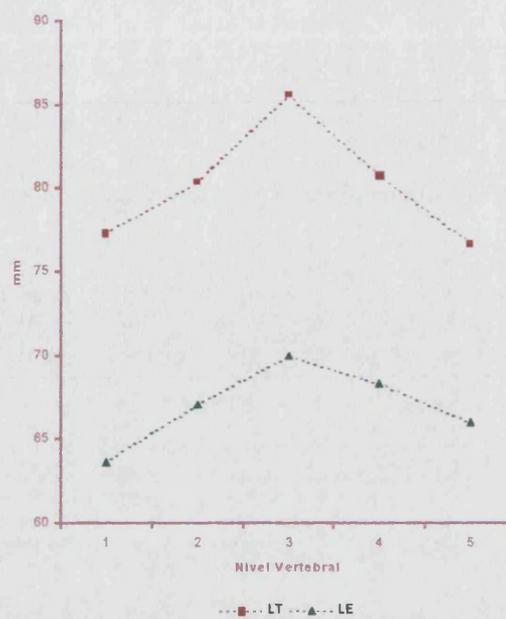
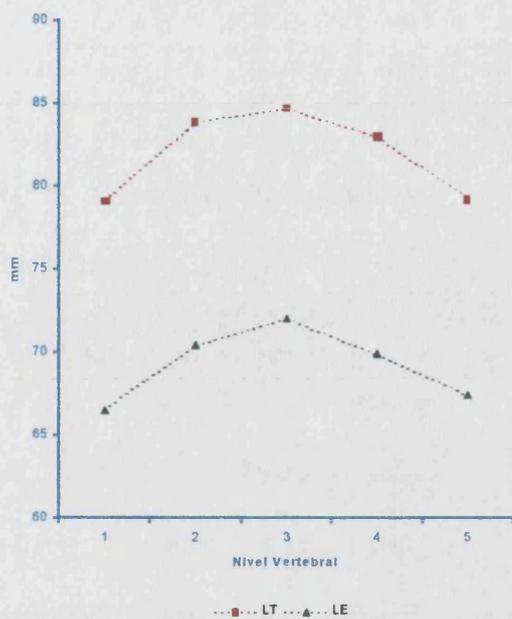
Tabla 39. *Altura total articular derecha (ATA-D) e izquierda (ATA-I). \* p < ,05.*

	D/I	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	ATA-D	-2,358**				-2,622**			
	ATA-I	-2,862**				-2,605**			
L3	ATA-D	-1,735**	0,623			-2,945**	-0,323		
	ATA-I	-1,557**	1,305*			-2,982**	-0,377		
L4	ATA-D	1,390*	3,748**	3,125**		-0,413	2,209**	2,532**	
	ATA-I	0,778	3,640**	2,335**		0,179	2,784**	3,161**	
L5	ATA-D	5,363**	7,721**	7,098**	3,973**	2,457**	5,079**	5,402**	2,870**
	ATA-I	5,324**	8,186**	6,881**	4,546**	0,095	2,700**	3,077*	-0,084

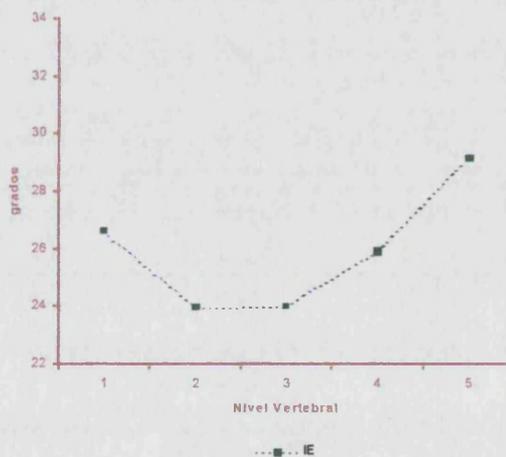
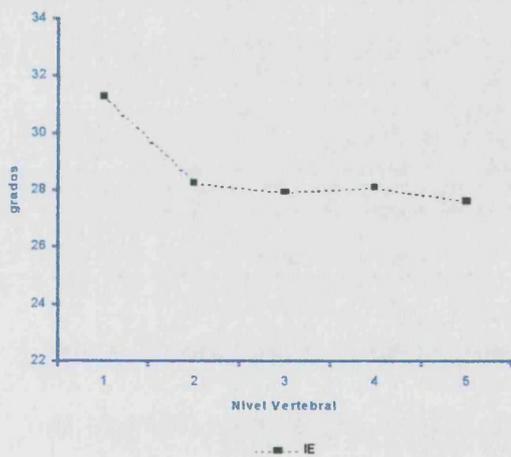
Tabla 40. *Altura total articular derecha (ATA-D) e izquierda (ATA-I). Masculino (M) y femenino (F). \* p < ,05; \*\* p < ,001.*

### Proceso espinoso

La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en las figuras 31 a 34. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 41 a 43.



Figuras 31 y 32. Longitud total vertebral (LT) y del proceso espinoso (LE). Masculino —; Femenino —.



Figuras 33 y 34. Inclínación del proceso espinoso (IE). Masculino —; Femenino —.

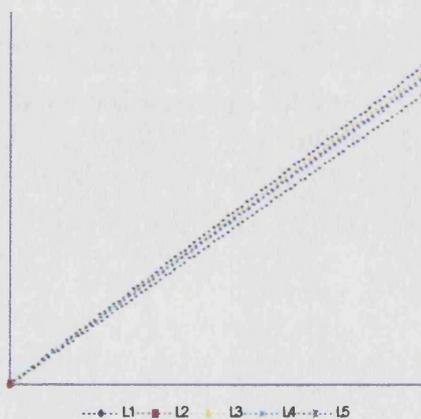


Figura 33 bis. Inclínación del proceso espinoso masculino (IE).

	LE	IE	LT
<b>M</b>	0,0001*	0,046*	0,0001*
<b>F</b>	0,0001*	0,094	0,001*

Tabla 41. Longitud (LE) e inclinación del proceso espinoso (IE), longitud total vertebral (LT); \*  $p < ,05$ .

		M				F			
Derecha		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	LE	-3,927**				-3,434**			
	IE	3,078**							
L3	LE	-5,482**	-1,555**			-6,288**	-2,854**		
	IE	3,373**	0,295						
L4	LE	-3,378**	0,549	2,104**		-4,672**	-1,238	1,616	
	IE	3,216**	0,138	-0,157					
L5	LE	-0,880	3,047**	4,602**	2,498**	-2,336**	1,098	3,952	2,336**
	IE	3,674**	0,596	0,301	0,458				

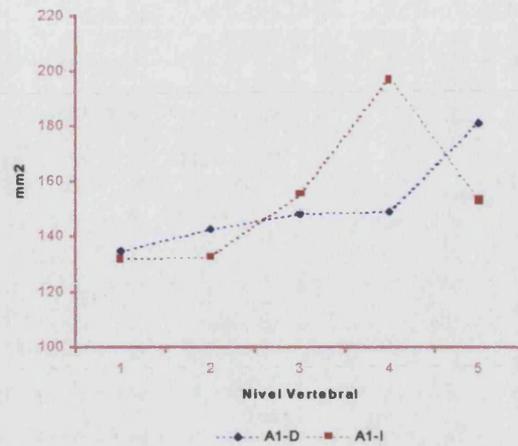
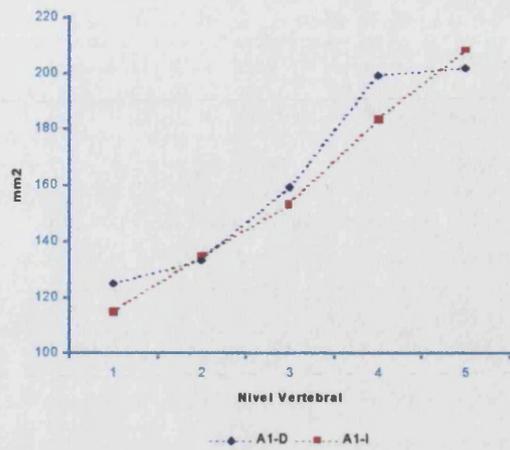
Tabla 42. Longitud (LE) e inclinación del proceso espinoso (IE). Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

		M				F			
Derecha		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	LT	-4,794**				-3,090**			
L3	LT	-5,595**	-0,801			-8,300**	-5,210**		
L4	LT	-3,978**	0,816	1,617**		-3,471**	-0,381	4,829**	
L5	LT	-0,173	4,621**	5,422**	3,805**	0,670	3,760**	8,970*	4,141**

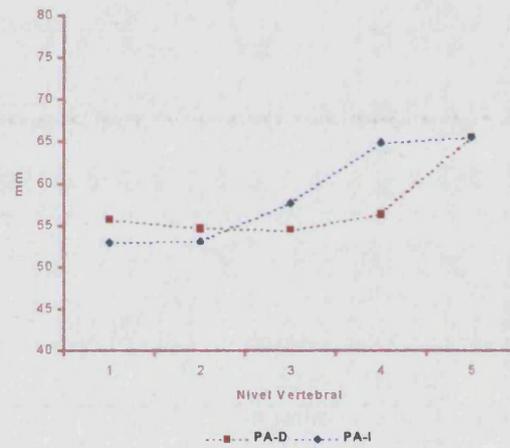
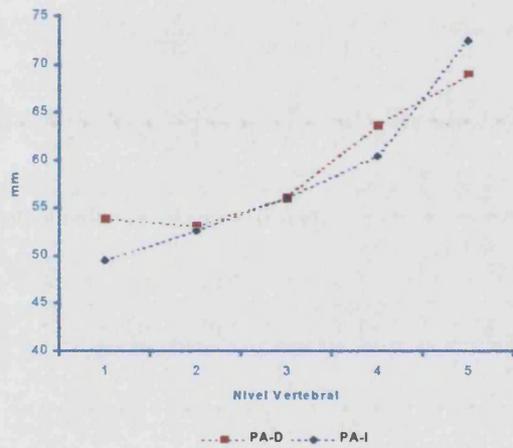
Tabla 43. Longitud total vertebral (LT). Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

### Agujero de conjunción

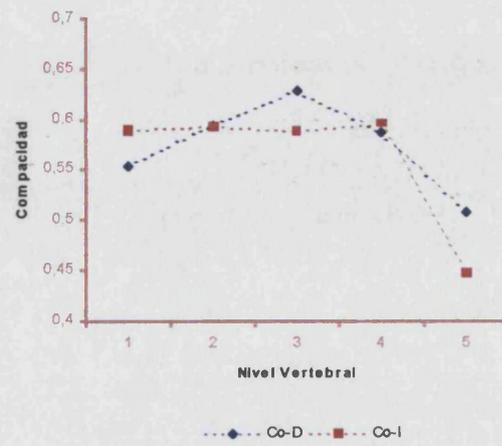
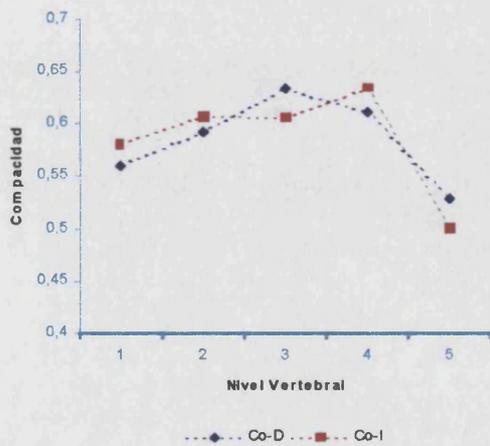
La tendencia de las variables entre los cinco niveles se muestra en la figuras 35 a 44. Los resultados de los bloques completamente aleatorizados y de los intervalos de confianza en las tablas 44 a 49.



Figuras 35 y 36. Área del agujero de conjunción ( $A_1$ ). Derecha (D); izquierda (I); masculino —; femenino - -.



Figuras 37 y 38. Perímetro del agujero de conjunción (PA). Derecha (D); izquierda (I); masculino —; femenino - -.



Figuras 39 y 40. Compacidad del agujero de conjunción (Co). Derecha (D); izquierda (I); masculino —; femenino - -.

	Derecha			Izquierda		
	$A_1$	PA	Co	$A_1$	PA	Co
M	0,0001*	0,0001*	0,037*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
F	0,271	0,064	0,12	0,0001*	0,003*	0,006*

Tabla 44. Área ( $A_1$ ), perímetro (PA) y compacidad del agujero de conjunción (Co). \*  $p < ,05$ .

	Derecha	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	$A_1$	-8,160**							
	PA	0,807							
	Co	-0,032				-0,040			
L3	$A_1$	-34,430**	-26,270**						
	PA	-2,141**	-2,948**						
	Co	-0,074	-0,042			-0,074	-0,034		
L4	$A_1$	-74,196**	-66,036**	-39,766**					
	PA	-9,710**	-10,517**	-7,569**					
	Co	-0,052	-0,020	0,022		-0,032	0,008	0,042	
L5	$A_1$	-77,056**	-68,896**	-42,626**	-2,860**				
	PA	-15,016**	-15,823**	-12,875**	-5,306**				
	Co	0,032	0,064	0,106	0,084	0,046	0,086	0,120*	0,078

Tabla 45. Área ( $A_1$ ), perímetro (PA) y compacidad del agujero de conjunción (Co) medidas por el lado derecho. Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

	Izquierda	M				F			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	$A_1$	-20,000**				-0,348			
	PA	-3,187				-0,135			
	Co	-0,027				-0,002			
L3	$A_1$	-38,411**	-18,411**			-23,329**	-22,981**		
	PA	-6,611**	-3,424**			-4,828**	-4,693**		
	Co	-0,025	0,002			0,002	0,004		
L4	$A_1$	-68,593**	-48,593**	-30,182**		-64,906**	-64,558**	-41,577**	
	PA	-10,950**	-7,763**	-4,339**		-12,006**	-11,871**	-7,178**	
	Co	-0,053	-0,026	-0,028		-0,005	-0,003	-0,007	
L5	$A_1$	-93,476**	-73,476**	-55,065**	-24,883**	-21,540**	-21,192**	1,789*	43,366**
	PA	-22,936**	-19,749**	-16,325**	-11,986**	-12,697	-12,562**	-7,869*	-0,691
	Co	0,080	0,107	0,105	0,133	0,142	0,144	0,140*	0,147

Tabla 46. Área ( $A_1$ ), perímetro (PA) y compacidad del agujero de conjunción (Co) medidas por el lado izquierdo. Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

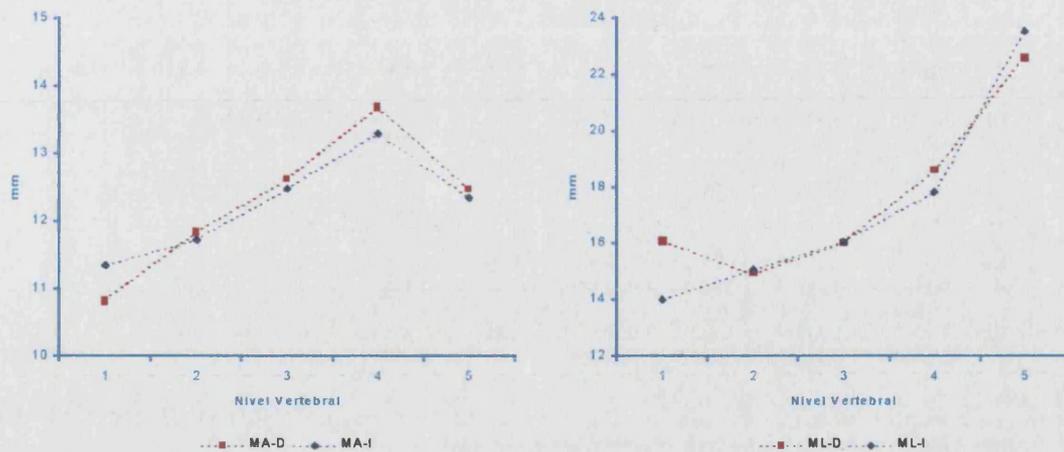


Figura 41 y 42. Máxima altura (MA) y máxima longitud del agujero de conjunción (ML) masculinas. Derecha (D); izquierda (I).

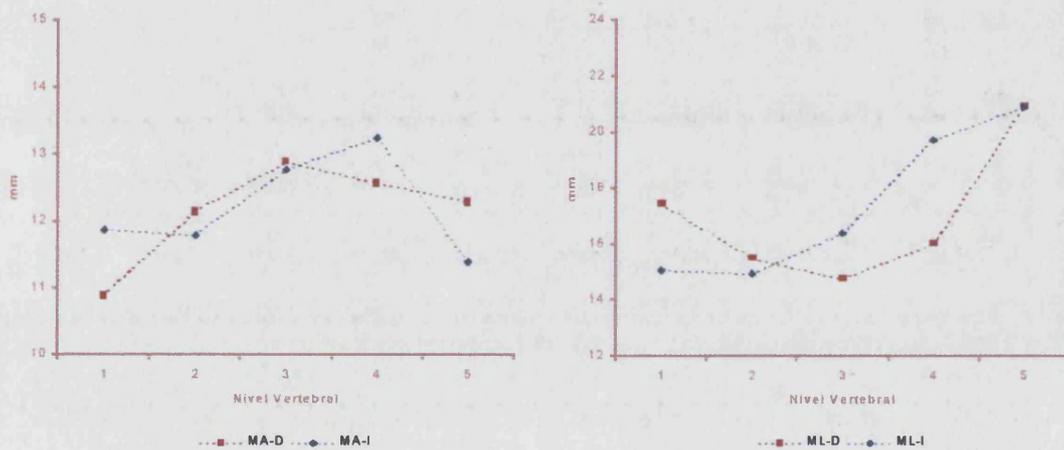


Figura 43 y 44. Máxima altura (MA) y máxima longitud del agujero de conjunción (ML) femeninas. Derecha (D); izquierda (I).

	Derecha		Izquierda	
	MA	ML	MA	ML
<i>M</i>	0,0001*	0,0001*	0,1	0,0001*
<i>F</i>	0,086	0,006*	0,044*	0,001*

Tabla 47. Máxima altura (MA) y máxima longitud del agujero de conjunción (ML). \*  $p < ,05$ .

		M				F			
Derecha		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	MA	-1,007							
	ML	1,187*				1,927*			
L3	MA	-1,773**	-0,766						
	ML	0,101	-1,086			2,695**	0,768		
L4	MA	-2,859**	-1,852**	-1,086					
	ML	-2,485**	-3,672**	-2,586**		1,428	-0,499	-1,267	
L5	MA	-1,638**	-0,631	0,135	1,221*				
	ML	-6,468**	-7,655**	-6,569**	-3,983**	-3,483**	-5,410**	-6,178**	-4,911**

Tabla 48. *Máxima altura (MA), y máxima longitud del agujero de conjunción (ML)* medidas por el lado derecho. Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

		M				F			
Izquierda		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
L2	MA					0,092			
	ML	-1,075				0,112			
L3	MA					-0,905	-0,997		
	ML	-2,033**	-0,958			-1,338	-1,450		
L4	MA					-1,378	-1,470	-0,473	
	ML	-3,814**	-2,739**	-1,781**		-4,676**	-4,788**	-3,338**	
L5	MA					0,482	0,390	1,387*	1,860*
	ML	-9,521**	-8,446**	-7,488**	-5,707**	-5,852**	-5,964**	-4,514*	-1,176

Tabla 49. *Máxima altura (MA), y máxima longitud del agujero de conjunción (ML)* medidas por el lado izquierdo. Masculino (M) y femenino (F). \*  $p < ,05$ ; \*\*  $p < ,001$ .

## 2. Comparación intranivel

		L1	L2	L3	L4	L5
	ACp con ACa	0,006*	0,039*	1,000	-0,065	-0,065
M	ACm con ACa	0,774	-0,227	1,000	0,012*	-0,227
	ACm con ACp	-0,0001*	-0,006*	-0,388	0,006*	0,065
	ACp con ACa	0,008*	0,289	0,727	-0,727	-0,453
F	ACm con ACa	-0,289	-0,70	-0,70	-0,289	-1,000
	ACm con ACp	-0,008*	-0,008*	-0,289	0,727	-0,453

Tabla 50. Valores de las diferencias entre las medias al comparar las variables *altura anterior del cuerpo (ACa), media (ACm) y posterior (ACp)*. Masculino (M); femenino (F). \*  $p < ,05$ .

		L1	L2	L3	L4	L5
	<i>LPi-D con LPs-D</i>	-1,000	1,000	0,227	-0,549	-0,012*
M	<i>LPm-D con LPs-D</i>	-0,001*	-0,001*	-0,002*	-0,006*	-0,012*
	<i>LPm-D con LPi-D</i>	-0,012*	-0,039*	0,549	1,000	0,227
	<i>LPi-D con LPs-D</i>	1,000	-0,289	-0,727	-0,070	-0,125
F	<i>LPm-D con LPs-D</i>	-0,008*	-0,016*	-0,070	-0,008*	-0,125
	<i>LPm-D con LPi-D</i>	-0,70	-0,016*	-0,453	1,000	1,000

Tabla 51. Valores de las diferencias entre las medias al comparar las variables *longitud del platillo superior* (LPs), *medio* (LPm) e *inferior* (LPi). Masculino (M); femenino (F). \* p < ,05.

En el género masculino *longitud del platillo superior* es significativamente mayor al *medio* en todos los niveles vertebrales. En el género femenino solo a nivel de L1, L2 y L4. Excepto a nivel de L5 en el género masculino, para ambos géneros no existen diferencias significativas entre la *longitud del superior* y el *inferior*. Lo mismo para *longitud del platillo inferior* y el *medio* entre L3 y L5.

		L1	L2	L3	L4	L5
M	<i>AiP-D con AP-D</i>	-0,0001*	-0,0001*	-0,0001*	-0,006*	-0,001*
	<i>AiP-I con AP-I</i>	-0,0001*	-0,0001*	-0,0001*	-0,065	-0,012*
F	<i>AiP-D con AP-D</i>	-0,008*	-0,70	-0,008*	-0,70	-0,016*
	<i>AiP-I con AP-I</i>	-0,008*	-0,008*	-0,008*	-0,008*	-0,016*

Tabla 52. Valores de las diferencias entre las medias al comparar las variables *altura infrapedicular* (AiP) y *pedicular* (AP). Masculino (M); femenino (F); derecha (D); izquierda (I). \* p < ,05.

En ambos sexos no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los lados *derecho* e *izquierdo* en las variables *altura suprapedicular*, *pedicular* e *infrapedicular*. Para ambos géneros en cada nivel vertebral, tanto por el lado derecho como por el izquierdo, las *alturas infrapediculares* siempre son significativamente menores que las *pediculares*, excepto para el nivel L4 por la *izquierda* para el masculino y *derecha* para el femenino.

		L1	L2	L3	L4	L5
M	<i>MA-D con AiP-D</i>	0,388	0,388	0,388	0,039*	0,065
	<i>MA-I con AiP-I</i>	0,146	0,146	0,146	0,006*	0,001*
F	<i>MA-D con AiP-D</i>	0,289	-0,727	-0,727	0,289	0,453
	<i>MA-I con AiP-I</i>	0,008*	-0,289	0,727	0,289	0,016*

Tabla 53. Valores de las diferencias entre las medias al comparar las variables *altura máxima de la porción superior del agujero de conjunción* (MA) con *altura infrapedicular* (AiP). Masculino (M); femenino (F); derecha (D); izquierda (I). \* p < ,05.

Al comparar las *alturas máxima del agujero de conjunción* con las *alturas de la porción infrapedicular* en el género femenino, solo encontramos diferencias significativas en los niveles vertebrales L1 y L5 al compararlas por la izquierda. En el género masculino encontramos las diferencias en los niveles L4 y L5.

No existieron diferencias significativas, en cada nivel vertebral, al comparar la variable *longitud suprapedicular* medida por el lado derecho con la medidas por el lado izquierdo, tanto en el género masculino como en el femenino. Lo mismo ocurrió para las variables *longitud transpedicular* y *altura total articular*.

El *ángulo de inclinación del proceso espinoso*, siempre fue significativamente mayor que el *ángulo de inclinación del platillo inferior* del cuerpo vertebral, al compararlos dentro de un mismo nivel vertebral y para ambos géneros.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar las variables *área*, *perímetro*, *compacidad*, *máxima altura* y *máxima longitud del agujero de conjunción* medidas por el lado derecho e izquierdo y para ambos sexos. Exceptuando para las variables *perímetro derecho con izquierdo* en L5 ( $p = ,012$ ) en el género masculino y *área derecha con izquierda* en L4 ( $p = ,008$ ) en el género femenino.

### 3. COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES SEGÚN EL GÉNERO

#### EFECTO NIVEL

La *prueba de esfericidad de Mauchly* mostró en que variables fue posible la aplicación de un modelo de medidas repetidas (tabla 54). El análisis del estadístico *Lambda de Wilks* (medidas repetidas) mostró que existían diferencias entre los niveles en todas las variables excepto en la variable *altura del cuerpo posterior* (tabla 55). El *estadístico de Greenhouse-Geisser* (tabla 56) encontró efecto nivel en todas las variables analizadas excepto en *longitud del platillo superior y medio*.

ACa	ACp	ACm	LPs	LPi	LPm	IPi	AsP-D	AP-D	AiP-D	LsP-D
0,009*	0,013*	0,025*	0,824	0,0001*	0,18	0,11	0,234	0,007*	0,01*	0,124*
LTP-D	ATA-D	LE	IE	LT	PA-D	ML-D	MA-D	A <sub>r</sub> -D	Co-D	
0,323	0,017*	0,006*	0,0001*	0,0001*	0,002*	0,0001*	0,001*	0,0001*	0,508	

Tabla 54. *Altura del cuerpo anterior (ACa), media (ACm) y posterior (ACp); longitud del platillo superior (LPs), medio (LPm), e inferior (LPi); inclinación del platillo inferior (IPi); altura suprapedicular (AsP-D), pedicular (APe-D) e infrapedicular.derecha (AiP-D); longitud suprapedicular derecha (LsP-D); longitud transpedicular derecha (LTP-D); altura total articular derecha (ATA-D); longitud del proceso espinoso (LE) e inclinación (IE); longitud total vertebral (LT); perímetro (PA-D), área (A<sub>r</sub>-D), compacidad (Co-D), máxima altura (MA-D) y máxima longitud del agujero de conjunción derecha (ML-D). \* p < ,05.*

ACa	ACp	ACm	LPi	AP-D	AiP-D	LsP-D	ATA-D	LE	IE	LT
0,0001*	0,098	0,0001*	0,023*	0,002*	0,0001*	0,017*	0,0001*	0,0001*	0,002*	0,0001*
PA-D	ML-D	MA-D	A <sub>r</sub> -D							
0,022*	0,001*	0,0001*	0,019*							

Tabla 55. Lectura en la tabla 54. \* p < ,05.

	LPs	LPm	IPi	AsP-D	LTP-D	Co-D
Greenhouse-Geisser	0,096	0,085	0,0001*	0,001*	0,045*	0,008*

Tabla 56. Lectura en tabla 57. \*  $p < ,05$ .

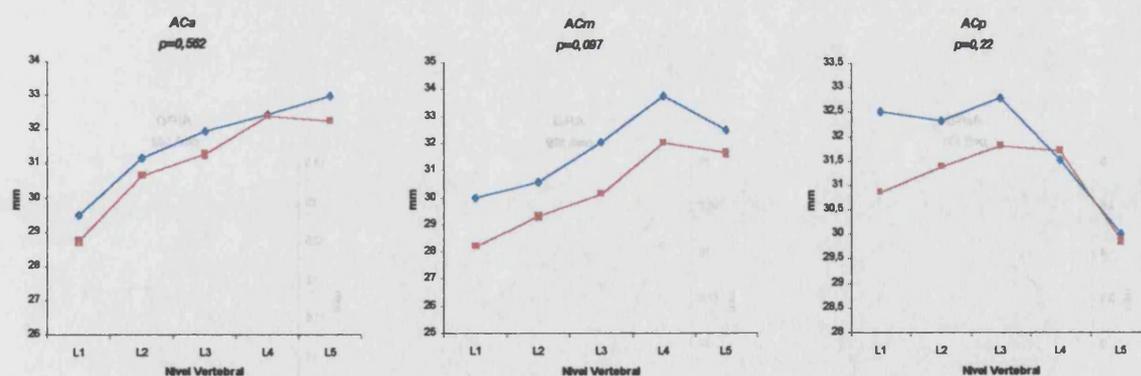
En la tabla 57 se hace constar la variable y el tipo de relación obtenido tras la realización del contraste "a posteriori".

ACa	ACp	ACm	LPi	IPi	AsP-D	AP-D	AiP-D	LsP-D	LTP-D
Cuadrático	Cuadrático	Orden 4	Cuadrático	Lineal	Cúbico	Orden 4	Cuadrático	Lineal	Cuadrático
ATA-D	LE	IE	LT	PA-D	ML-D	MA-D	Ar-D	Co-D	
Cuadrático	Cuadrático	Cúbico	Cuadrático	Cuadrático	Cuadrático	Cuadrático	Lineal	Cuadrático	

Tabla 57. Altura del cuerpo anterior (ACa), media (ACm) y posterior (ACp); longitud del platillo superior (LPs), medio (LPm), e inferior (LPi); inclinación del platillo inferior (IPi); altura suprapedicular (AsP-D), pedicular (APe-D) e infrapedicular derecha (AiP-D); longitud suprapedicular derecha (LsP-D); longitud transpedicular derecha (LTP-D); altura total articular derecha (ATA-D); longitud del proceso espinoso (LE) e inclinación (IE); longitud total vertebral (LT); perímetro (PA-D), área ( $A_1$ -D), compacidad (Co-D), máxima altura (MA-D) y máxima longitud del agujero de conjunción derecha (ML-D). \*  $p < ,05$ .

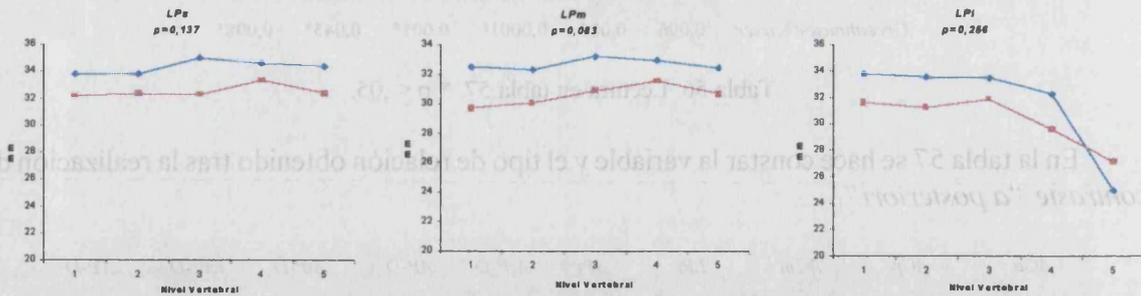
### EFFECTO GENERO

No existieron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables analizadas. Las tendencias entre los dos géneros se muestran en las figuras de la 45 a la 65. Los p-valores del modelo lineal general de medidas repetidas se muestran junto a la figura de la variable respectiva.



Figuras 45, 46 y 47. Altura del cuerpo anterior (ACa), media (ACm) y posterior (ACp).

Masculina ■; femenina ■.



Figuras 48, 49 y 50. Longitud del platillo superior (LPs), media (Lpm) e inferior (LPI). Masculina ■; femenina ■.

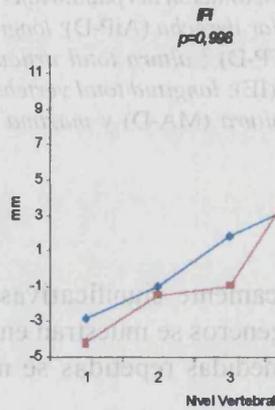
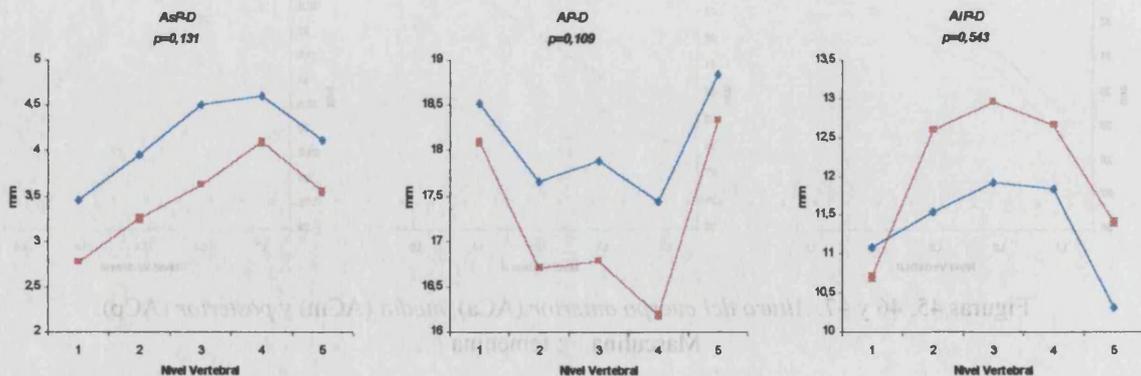
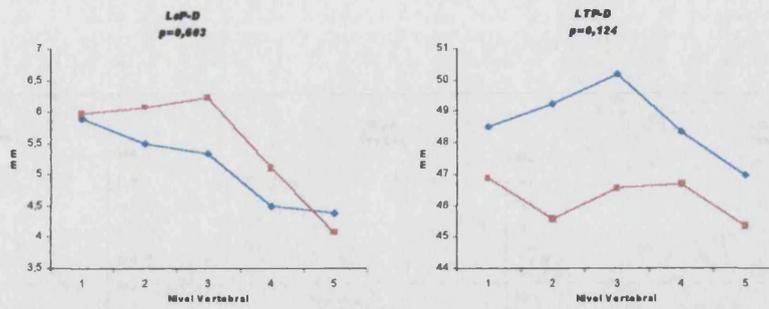


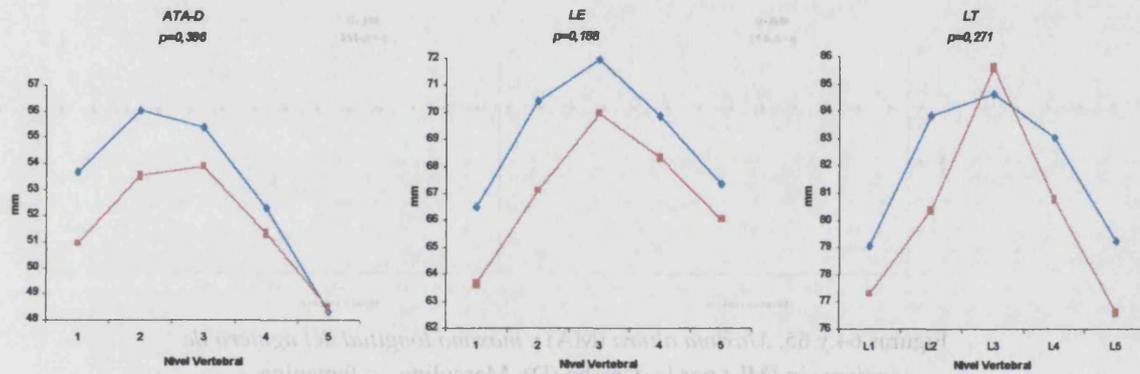
Figura 51. Inclinación del platillo inferior (IPI). Masculina ■; femenina ■.



Figuras 52, 53 y 54. Altura suprapedicular (AsP), pedicular (AP) e infrapedicular (AiP) por la derecha (D). Masculina ■; femenina ■.



Figuras 55 y 56. Longitud suprapedicular (LsP) y transpedicular (LTP) por la derecha (D). Masculina ■; femenina ■.



Figuras 57, 58 y 59. Altura total articular (ATA); longitud del proceso espinoso (LE) y total vertebral (LT) por la derecha (D). Masculina ■; femenina ■.

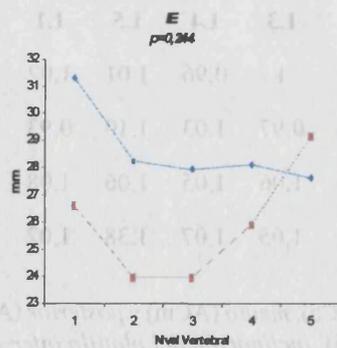
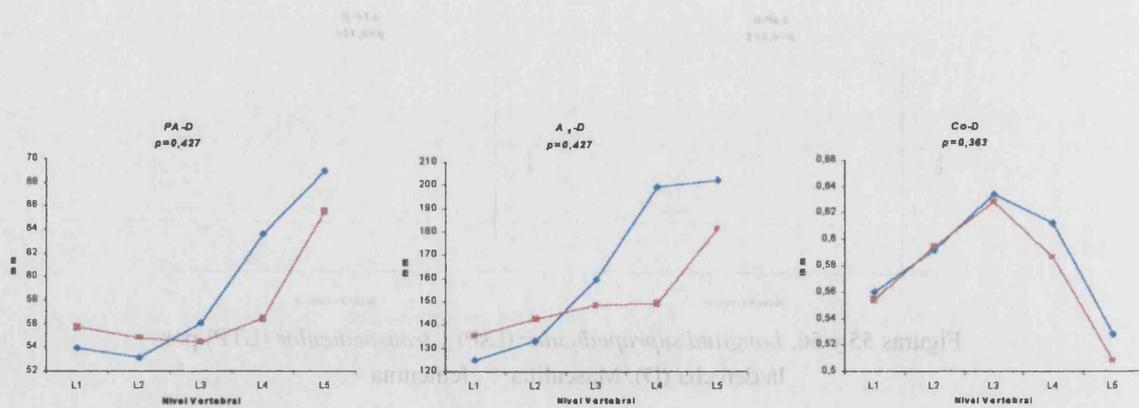
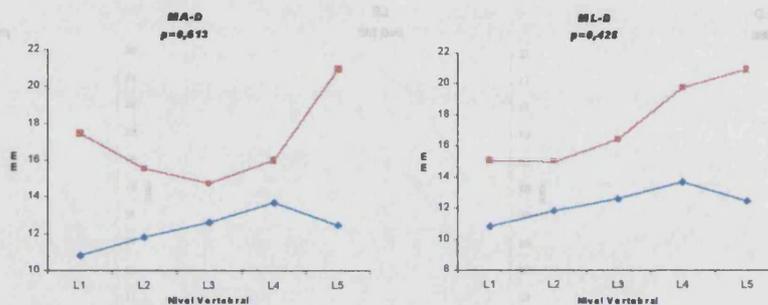


Figura 60. Inclinación del proceso espinoso (IE). Masculina ■; femenina ■.



Figuras 61, 62 y 63. Perímetro (PA), área (A) y compacidad del agujero de conjunción (Co) por la derecha (D). Masculina ■; femenina ■.



Figuras 64 y 65. Máxima altura (MA) y máxima longitud del agujero de conjunción (ML) por la derecha (D). Masculina ■; femenina ■.

#### 4. RATIOS DE LAS ALTURAS Y LONGITUDES DEL CUERPO VERTEBRAL

	M					F				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
ACa/ACm	0,98	1,02	1	0,96	1,01	1,02	1,04	1,04	1,01	1,02
ACa/ACp	0,91	0,96	0,97	1,03	1,10	0,93	0,98	0,98	1,02	1,08
LPS/LPm	1,04	1,05	1,06	1,05	1,06	1,08	1,08	1,04	1,06	1,06
LPS/LPi	1	1,01	1,05	1,07	1,38	1,02	1,04	1,01	1,13	1,19

Tabla 58. Altura del cuerpo anterior (ACa), media (ACm) y posterior (ACp); longitud del platillo superior (LPS), medio (LPm), e inferior (LPi); inclinación del platillo inferior; masculino (M), femenino (F).

## **DISCUSIÓN**

---



# DISCUSIÓN

## CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA EN GÉNEROS

### 1. Características anatómicas

Para los huesos coxales las características que mejor predijeron el género fueron la del *agujero obturador*, en la cual no existió ninguna dudosa del total de casos clasificados como coxales masculinos, y la *rama isquiopubiana*, con solo dos casos dudosos para el sexo femenino y ninguno para el masculino. El resto de características presentan un *índice acumulativo de casos concordantes y dudosos para el total de la característica* más elevado, por lo que no son tan definitorias. La *sífnisis púbica* mostró poca sensibilidad en la clasificación por géneros, ya que al tratarse de una altura, está sometida a interpretación subjetiva del observador. Las características que mejor predijeron el género para el sacro fueron la *curvatura* junto con la *oblicuidad*. El *número de segmentos del sacro* fue mayor de cinco en 4 casos de los 17 clasificados finalmente como género masculino y la *altura de la cara articular con el coxal* fue mayor de dos en 9 de los 17 casos clasificados como masculinas, sin existir casos dudosos en la observación. Los resultados para ambas características indican una baja sensibilidad pero alta especificidad para género masculino. Las características *altura* y *anchura* se consideran complementarias de las anteriores, al ser en vista de los resultados, mas subjetivas a la hora de su identificación visual.

Hemos encontrado una coincidencia absoluta entre el *género predictivo del coxal* y del *sacro*, es decir, en todos los casos en que fue posible la determinación de un género predictivo por caracteres morfológicos de los coxales, se obtuvo el mismo género para el sacro. Así mismo fueron coincidentes las columnas con casos discordantes, produciéndose dichas discordancias principalmente a nivel de las características coxales *rama isquiopubiana* y *agujero obturador*.

Es indudable que el criterio basado en los caracteres diferenciadores cualitativos de la pelvis y el sacro es un criterio de clasificación útil y fiable, y es de esta manera referido en la bibliografía <sup>33</sup>. Las características anatómicas cualitativas más objetivas para clasificar genéricamente un coxal son las de la rama isquiopubiana y el agujero obturador, siendo el resto de las analizadas complementarias. Para un sacro la presencia de una curvatura y oblicuidad genéricamente masculinas, además de tener más de cinco segmentos y una cara articular con el coxal que ocupa más de dos segmentos es indicativo de género masculino.

### 2. Vértebras torácicas T11 y T12

La clasificación de la muestra según el *punto de corte* apoya plenamente los resultados obtenidos por características anatómicas, con porcentajes de correcta asignación muy elevados. Conviene resaltar que todas las columnas consideradas como género femenino según la *clasificación anatómica*, permanecieron en el lado asignado a femenino según el *punto de corte* para el *diámetro anterotransverso*, obteniéndose así mismo un porcentaje muy elevado de

coincidencia para género masculino. Con el *diámetro anteroposterior* se obtuvieron porcentajes inferiores. Las clasificaciones obtenidas mediante *conglomerados jerárquicos* y *dendogramas* expresan de formas diferentes este dimorfismo en la muestra seleccionada, con tendencia a dividirla en dos poblaciones con diámetros significativamente diferentes. Todo esto muestra que los diámetros analizados presentan un fuerte dimorfismo sexual, siendo más intenso en el *anterotransverso*, sugiriendo que son útiles a la hora de detectar caracteres de dimorfismo sexual en las vértebras humanas. En la columna lumbar este mismo diámetro presenta variaciones más significativas entre niveles vertebrales<sup>9, 42, 80, 92</sup> que el *diámetro mediotransverso*<sup>9, 34, 47</sup> que tiende a no variar. Este diámetro parece más implicado en la transmisión de cargas a nivel de la columna, y por lo tanto se vería más influenciado por aquella. Es decir, sujetos con más peso y fuerza muscular deberían tener diámetros mediotransversos en su columna torácica y lumbar más grandes, hecho por el cual se debe ver más influenciado por el género.

A pesar de que existen diferencias metodológicas importantes con el trabajo de MacLaughlin<sup>63</sup>, ya que el autor conocía previamente el género de las columnas y la muestra del presente trabajo es significativamente inferior, no hemos observado diferencias al comparar las medias de los *diámetros anteroposterior* y *anterotransverso* (Anexo, tabla 59).

---

## MORFOMETRÍA

### 1. CUERPO VERTEBRAL

En el presente estudio determinamos la altura del cuerpo de las vértebras lumbares en la parte anterior, media y posterior. En ambos géneros nuestros resultados mostraron que la *altura anterior* aumentó progresivamente desde L1 a L5, esto es al descender de nivel. La *altura media* también aumentó progresivamente hasta L4 y disminuyó significativamente en L5. Resumiendo, las alturas anterior y *media* aumentan progresiva y simultáneamente hasta L4. Se sabe que la carga en la columna vertebral incrementa desde la región cervical hasta la lumbar<sup>113</sup> y se atribuye a su tamaño la variación de su resistencia con el nivel<sup>111</sup> (resistencia del hueso esponjoso a las fuerzas de compresión axial). Por tanto, el aumento de las alturas hallado en el presente estudio apoya las afirmaciones de estos autores. La *altura posterior del cuerpo vertebral*, se mantuvo constante en los tres primeros niveles (L1-L3) y disminuyó significativamente en los dos últimos (L4-L5).

Al comparar las tres alturas *anterior*, *media* y *posterior* entre sí, en cada una de los cinco niveles lumbares, observamos que en L1 y L2 la *altura posterior* fue significativamente superior a la *anterior* y *media*. O sea el ratio entre ellas fue menor que 1; mientras que en L5 la *posterior* fue inferior a la *anterior* y *media*. Estos resultados indican la existencia de un acúñamiento anterior en L1 y L2 y otro posterior en L4 y L5. Por otra parte, las dimensiones de la *altura posterior* de los niveles vertebrales L4 y L5 fueron similares a los de la *altura anterior* de L1 y L2, por lo que la forma del cuerpo vertebral en L1 y L2 nos ofrece una imagen en espejo invertida de los cuerpos vertebrales de L4 y L5.

Para concretar, las *alturas anterior* y *media* evolucionan en todos los segmentos de forma semejante, definiendo un bloque vertebral anterior, mientras que la *altura posterior* evoluciona de forma antagónica al anterior. En L3 y en términos de altura, ambos bloques tendrían unas dimensiones semejantes. En el género femenino, sin embargo, fue L4 donde estos dos bloques mostraron una morfología más semejante (figura 66).

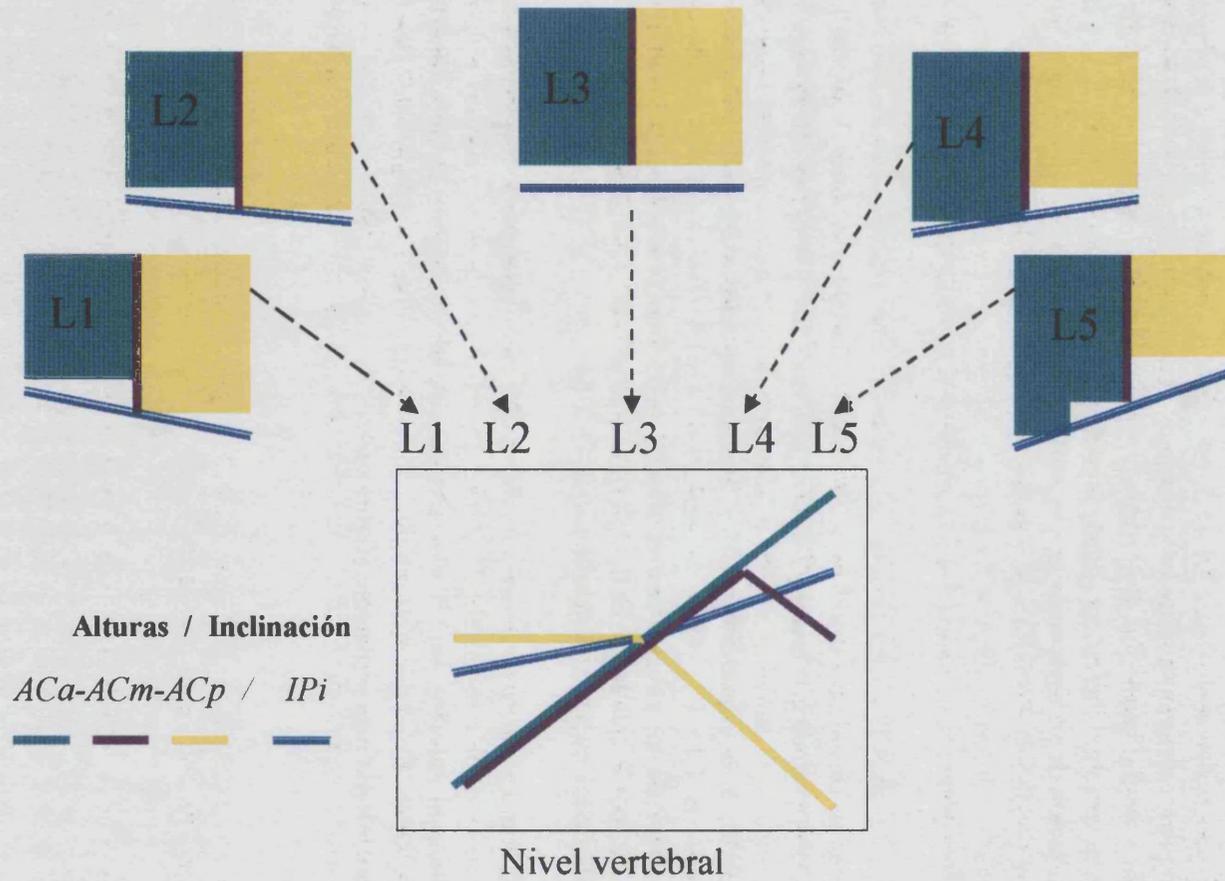


Figura 66. Representación esquemática de la evolución de las alturas del cuerpo vertebral en la región lumbar según los resultados del presente trabajo. *Altura del cuerpo anterior (ACa), media (ACm) y posterior (ACp); inclinación del platillo inferior (IPi).*

La *longitud del platillo superior y medio* del cuerpo vertebral, no varían significativamente a lo largo de los diferentes niveles vertebrales. La *inferior* se mantuvo desde L1 a L3 y en el género masculino decreció significativamente en L4 y L5. Por lo tanto estas dos vértebras en su tercio inferior son más cortas que las tres superiores. La resistencia creciente de las vértebras lumbares al descender el nivel se atribuye a la variación de su forma<sup>111</sup>. Sin embargo nuestros resultados mostraron que la longitud de los platillos superiores o diámetro antero posterior no varía a lo largo del raquis lumbar. Por tanto consideramos que la variación de la forma será debida a la variación internivel del diámetro transversal<sup>9, 47, 80, 92</sup> (Anexo, tabla 60). En cada nivel vertebral la *longitud del platillo superior* fue significativamente mayor que la del *platillo medio*; y en L1 y L2 la del *platillo inferior* fue significativamente superior a la del *platillo medio*. Esto dibuja una concavidad anterior en el perfil del muro anterior del cuerpo vertebral, concavidad más evidente en los dos primeros niveles vertebrales (figura 67).

Para determinar la *inclinación del platillo inferior del cuerpo vertebral* se calculó la angulación de la línea que lo representaba, respecto a la línea de referencia, es decir la del platillo vertebral superior ( $IP_i$  desde  $P_7$ , figuras 8 y 9). Cuando el ángulo formado entre ambas creció en sentido de las agujas del reloj se consideró *positivo*, y *negativo* cuando lo hizo en el sentido contrario. En L1 y L2 este ángulo fue negativo, cero en L3, y se hizo positivo en L4 y L5. Es decir el ángulo se invirtió significativamente cefalocaudalmente a lo largo del raquis lumbar, teniendo su punto de inflexión en L3. Estos resultados de las longitudes e inclinación del platillo inferior completan a los obtenidos en nuestro estudio en las alturas del cuerpo vertebral. Por tanto nuestros resultados constatan la asunción de que L3 tiene platillos vertebrales paralelos, tomándola como vertebra modelo del raquis lumbar en estudios biomecánicos para el cálculo teórico de cargas<sup>94, 95</sup>.

El hecho de que la tendencia de variación de las variables (alturas, longitudes e inclinaciones) en el presente estudio fuera similar en L1-L2 / L4-L5 y opuesto entre ellos nos permite definir, respectivamente, dos segmentos morfológicos superior e inferior. En el superior la forma vertebral es ligeramente acuñada en su bloque anterior, mientras que en el inferior lo es en su bloque posterior. Estos dos segmentos morfológicos confluyen hacia la lumbar 3, vértebra homogénea en sus dimensiones corporales y ubicada como elemento clave en la constitución del arco lordótico.

La figura 67, representa detalladamente las figuras de los cuerpos de las vértebras lumbares según las dimensiones obtenidas en el presente estudio.

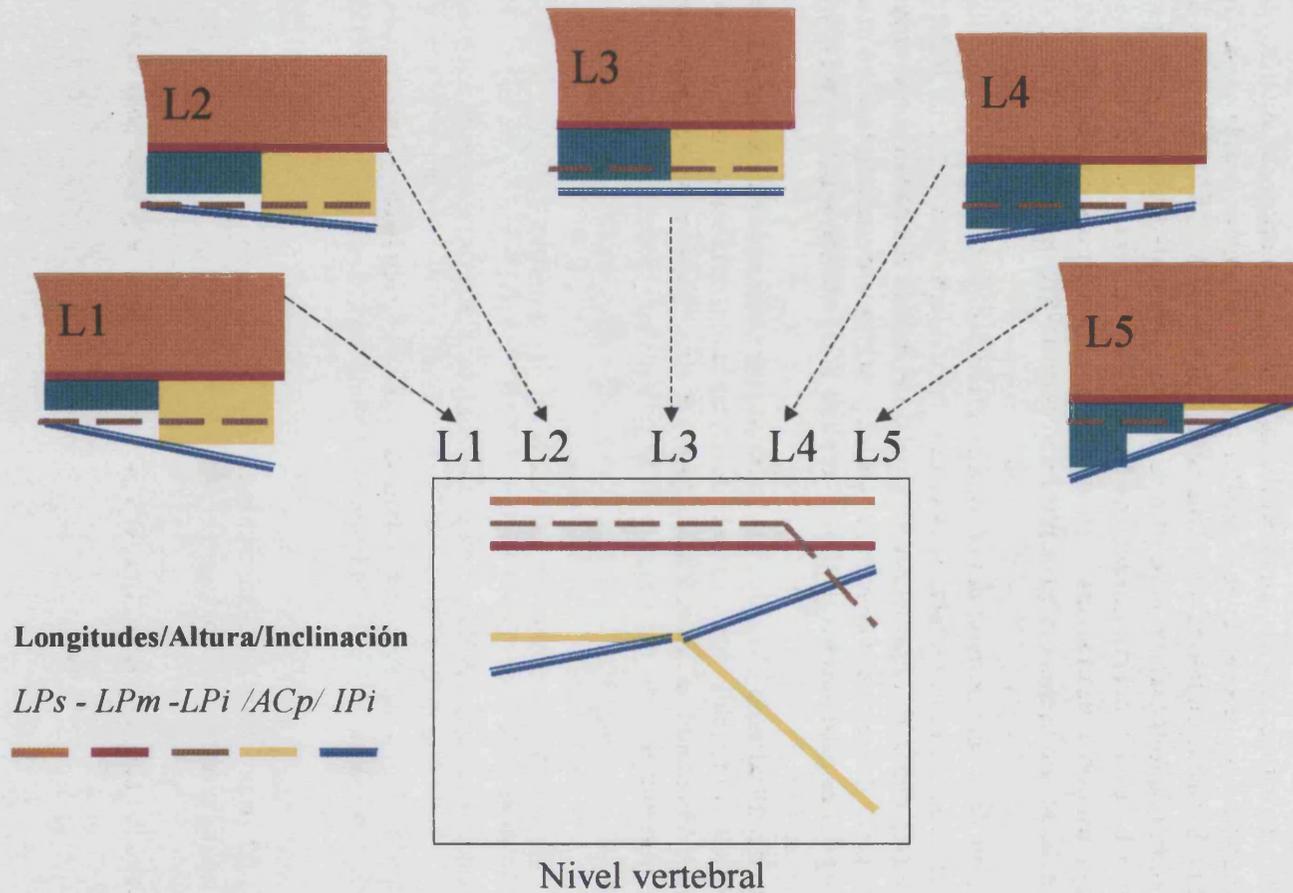


Figura 67. Representación conjunta de la evolución de las alturas y las longitudes del cuerpo vertebral en la región lumbar según los resultados del presente trabajo. *Altura del cuerpo posterior (ACp); longitud del platillo superior (LPs), medio (LPm) e inferior (LPi); inclinación del platillo inferior (IPI).*

## 2. ARCO NEURAL

### Agujero de conjunción

La caracterización morfométrica de la porción superior del agujero de conjunción vino determinada por las siguientes variables: *perímetro*, *área*, *compacidad*, *altura* y *longitud máximas*. La variación de las distintas magnitudes del agujero de conjunción referida al nivel L1-L2 se muestran en la tabla 60. Los resultados anteriores nos permiten describir la forma de la parte superior del agujero de conjunción a través de los niveles vertebrales (figura 68): en L1 y L2 la porción superior del agujero de conjunción es muy semejante con *perímetros* y *áreas* parecidos en forma y magnitud con tendencia a la esfericidad. La *máxima longitud* es siempre mayor que la *máxima altura*, con valores de sus medias inferiores al resto de niveles.

En el nivel L3 se produce un ligero aumento del *perímetro* a expensas del aumento de la *altura máxima*. Esto conlleva que los valores de su *máxima altura* se asemejan más a los de su *máxima longitud*, provocando un aumento de la *esfericidad* respecto a L1 y L2.

En el nivel L4 se produce un aumento de la *altura* (máximo de este valor en la columna lumbar) y la *longitud máximas*, por lo que aumenta el *área* y el *perímetro de agujero de conjunción* (*esfericidad* semejante a la de L3). Se sigue cumpliendo que la *máxima longitud* es siempre mayor que la *máxima altura*. En L4 se encuentra la porción superior del agujero de conjunción más grande.

En L5 aumenta la *anchura* y disminuye la *altura máxima*, provocando una pérdida de *esfericidad*. Se encuentra en L5 la porción superior del agujero de conjunción más larga y menos esférica, sin embargo es la de mayor superficie. Podemos concretar que la esfericidad de mayor a menor sería L3, L4, L2, L1 y L5.

	<i>Altura</i>	<i>Longitud</i>	<i>Perímetro</i>	<i>Área</i>	<i>Compacidad</i>
L1-L2	→	→	→	→	→
L2- L3	↗	↗	↗	↗	→
L3-L4	↗	↗	↗	↗	→
L4-L5	↘	↗	↗	↗	↘

Tabla 61. Valores de la variable se mantienen: estables (→); tienden a aumentar (↗); tienden a disminuir (↘).

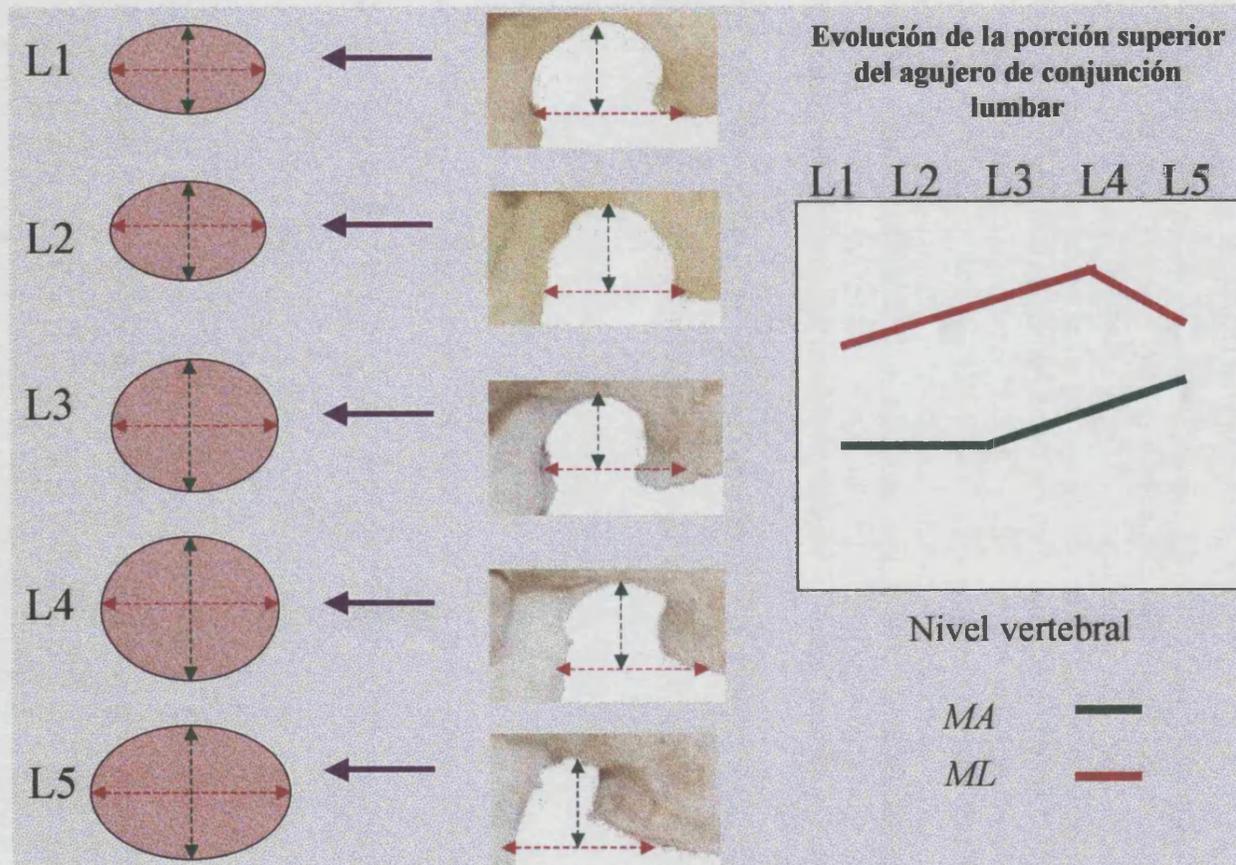


Figura 68. Máxima altura (MA); máxima longitud (ML).

Hasue<sup>39</sup> observó que la sección del agujero de conjunción aumenta progresivamente de L1-L2 hasta L4-L5, mientras que la sección entre L5-S1 es significativamente más pequeña. Nuestros resultados respecto a la parte superior del agujero de conjunción son acordes con los de este autor, excepto en el nivel L5-S1. Este nivel en nuestro estudio fue significativamente superior al de los otros niveles. Partiendo de la base de que en el presente estudio se tomó la imagen de una vértebra aislada, las diferencias observadas fueron debidas a que la referencia para calcular la *máxima longitud* del agujero de conjunción fue la *altura posterior*, es decir, el plano lateral. Sin embargo, en una vértebra aislada se aprecia claramente (imagen tridimensional) que la parte posterior del platillo inferior, es decir la de mayor longitud, corresponde al plano sagital y no al lateral de la vértebra (figura 69). Por consiguiente si se mide sobre una imagen de una radiografía lateral lumbar este perfil del muro posterior del cuerpo vertebral en forma de pico (señalado como  $S_b$  en la figura 70), aparentemente, por superposición de imágenes, se añadiría a la dimensión del diámetro anteroposterior del plano lateral. Por tanto si se toma ese punto como *longitud máxima* del agujero de conjunción, en realidad en la imagen tridimensional correspondería a una línea oblicua, y no a la dimensión antero-posterior del propio plano lateral, como calcula Fang<sup>24</sup>. Esto sugiere que para el cálculo de la *longitud máxima* del receso lateral debería tomarse como referencia anatómica la raíz del pedículo en L5.

A pesar de que en nuestro estudio la superficie entre L5 y S1 fue la mayor, también consideramos que este espacio es el más conflictivo pero por razones distintas a los autores referidos<sup>11,39</sup>, es decir, por la disminución de la *altura máxima* de la parte superior del agujero de conjunción y por que la raíz es la más grande. Esto sugiere que de nuevo es la forma la que crea un conflicto de espacio y podría condicionar la sintomatología del dolor en movimientos veloces.

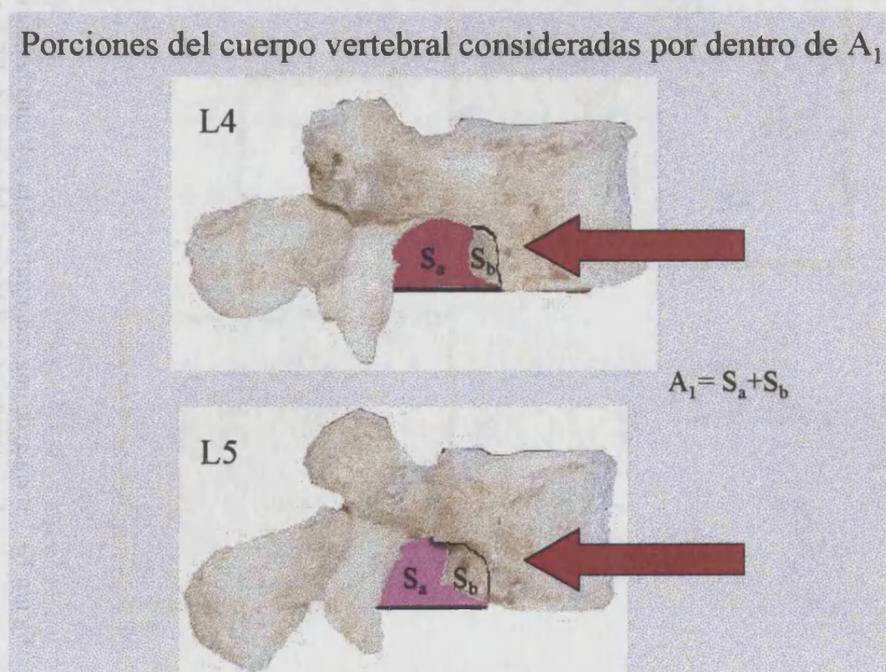


Figura 68: Imágenes laterales de las vértebras lumbares L4 y L5. Se señala la porción de imagen de la parte posterior del cuerpo vertebral que se consideró por dentro de la imagen del agujero de conjunción ( $S_b$ ), y el área completa de dicho agujero ( $A_1$ ), constituida por la suma de la imagen claramente visible del agujero de conjunción en color rosa ( $S_a$ ) y la porción considerada como  $S_b$ .

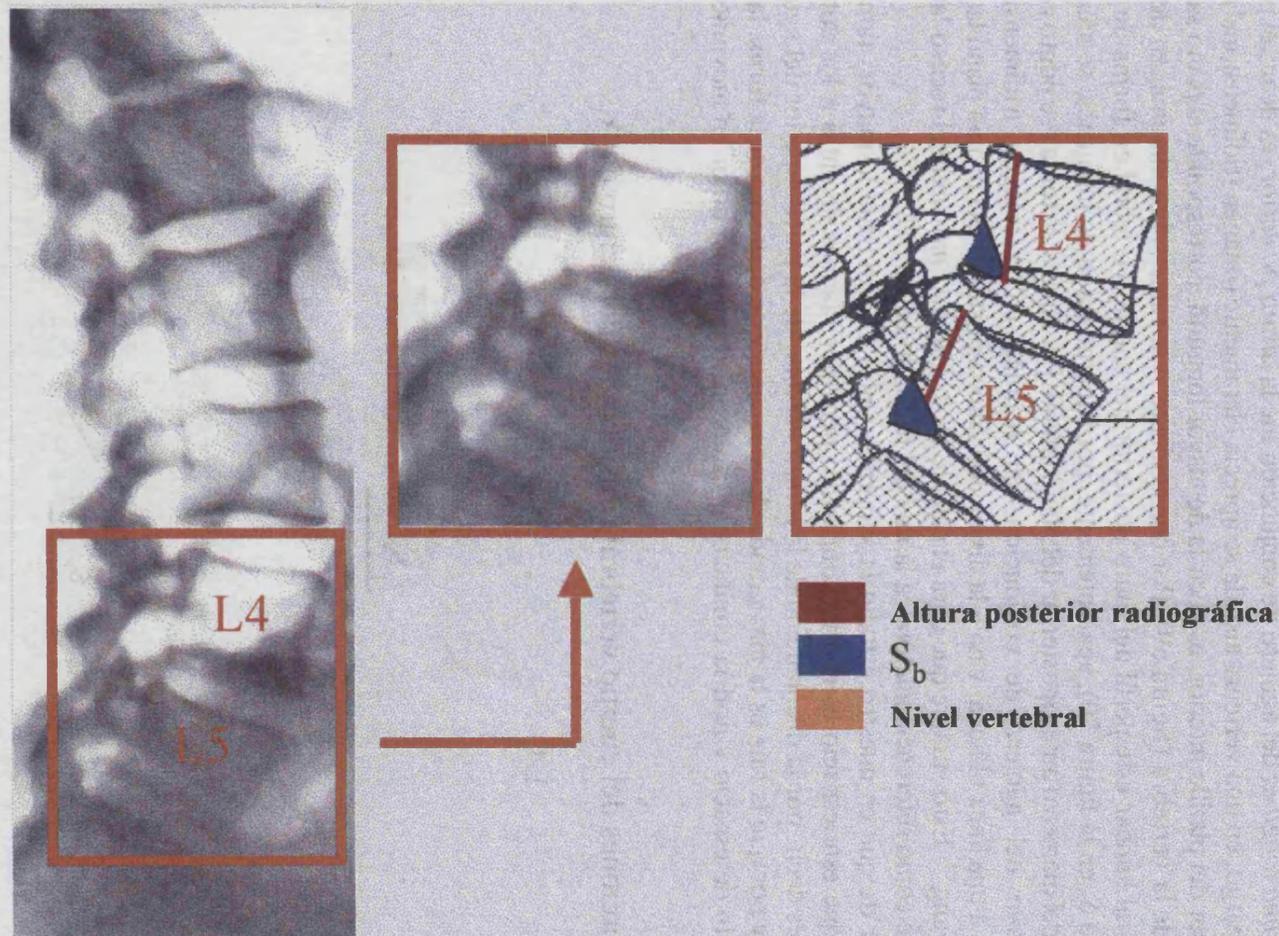


Figura 70. Imagen de una radiografía de la columna lumbar en perfil mostrando los agujeros de conjunción de L4 y L5. Se ha marcado en azul la parte del cuerpo de L5 que se considera por dentro del agujero de conjunción (S<sub>b</sub>).

## Pedículos

La caracterización morfométrica de los pedículos en el presente estudio ha sido definida por las variables *altura suprapedicular*, *pedicular* e *infrapedicular* y por la *longitud suprapedicular*. Esta última fue utilizada como referencia para determinar las anteriores. Nuestros resultados mostraron que la inserción de los pedículos en el cuerpo vertebral no varió entre los niveles, ya que la *altura suprapedicular* y *pedicular* también se mantuvo sin diferencias significativas entre ellos. Destacar que el pedículo de L1 fue el de mayor dimensión, siendo significativo en el género masculino. Los resultados de la *altura infrapedicular* corroboraron lo referido, ya que esta dimensión estuvo definida por la *altura pedicular* y la del muro posterior, siendo menor en L1 y L5. En L1 por que la *altura pedicular* fue la mayor y en L5 por la disminución de la altura del muro posterior. Estos hallazgos constatan los de Amonoo-Kuofi<sup>2</sup> y explican como el pedículo actúa de contrafuerte ante las fuerzas crecientes de compresión axial, siendo esto más evidente en las charnelas dorso-lumbar y lumbo-sacra, donde el compromiso es mayor por ser una zona de transición. El análisis conjunto de las dimensiones pediculares nos sugiere que el aumento de las fuerzas de compresión axial en sentido céfalo-caudal y los requerimientos dinámicos de las charnelas dorso-lumbar y lumbo-sacra son los que determinan la *altura pedicular* en cada nivel vertebral.

Los resultados de la *longitud suprapedicular* mostraron una disminución en visión lateral en L4 y L5. Esta disminución viene condicionada por la apertura del pedículo en el plano transversal<sup>9,47,77,80,92,119</sup> (Anexo, tabla 62). Estos datos muestran la diferencia morfológica de las vértebras L4 y L5 respecto de las otras lumbares. Por tanto, como en el caso de las variables analizadas del cuerpo vertebral, sugieren la existencia de dos segmentos morfológicos funcionales en el raquis lumbar. Estos hallazgos también sugieren que la dimensión transcortical debe tomarse sobre imágenes sagitales de Tomografía Axial Computerizada (TAC) para evitar el sesgo de las imágenes bidimensionales.

Por último comentar que el punto medio de la *longitud suprapedicular* sería una buena referencia para determinar en una imagen radiográfica en proyección lateral de la columna lumbar la mínima altura pedicular en L1, L2 y L3, ya que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre la *máxima altura* de la parte superior del agujero de conjunción y la *altura infrapedicular* en estos niveles.

La evolución de la morfología de los pedículos vertebrales en los diferentes niveles lumbares descrita a través de sus alturas y longitudes se muestran en la figura 71.

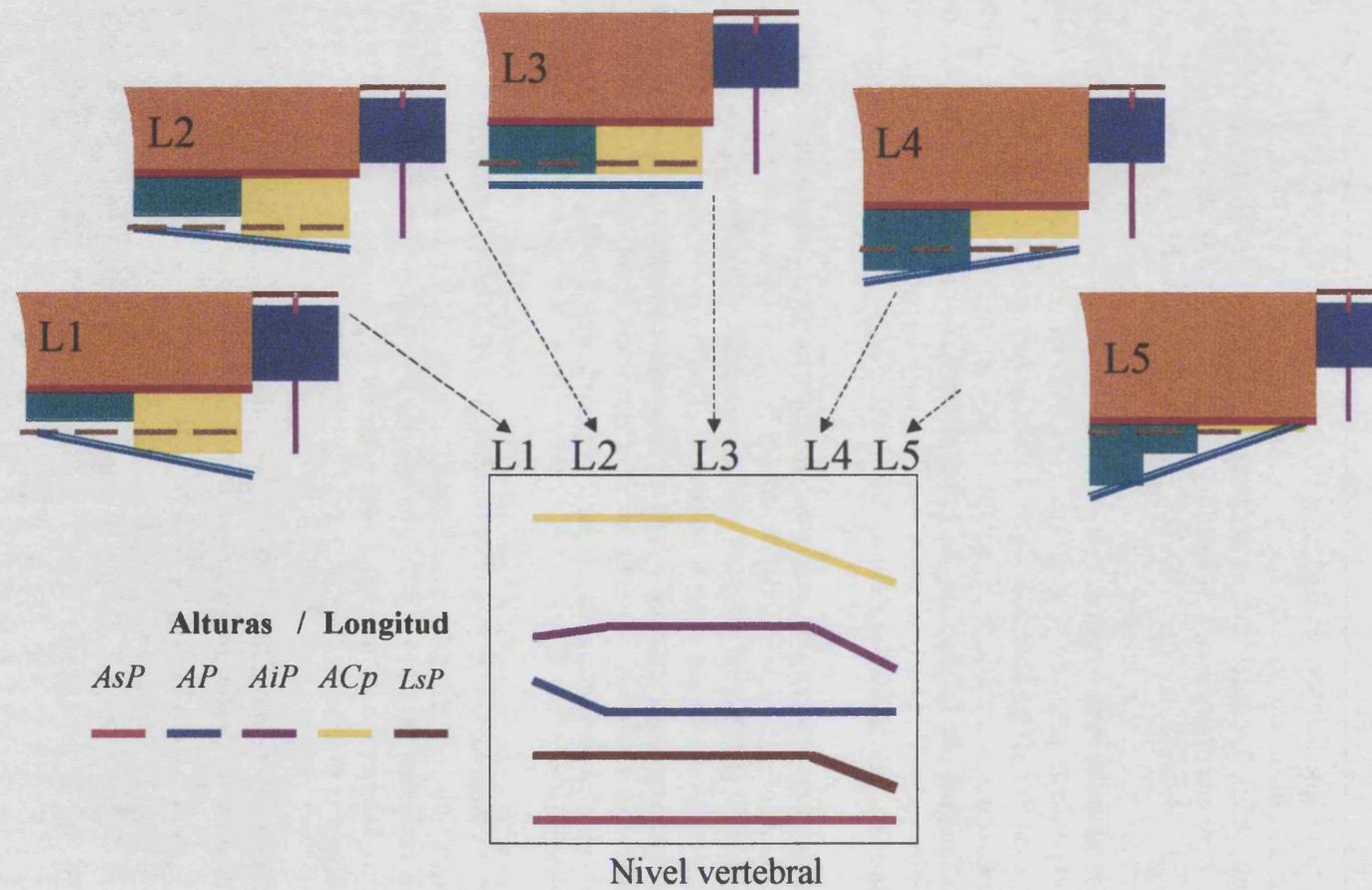


Figura 71. Esquema de la evolución por niveles vertebrales de las alturas y de la longitud de los pedículos. Altura suprapedicular (AsP); altura pedicular (AP); altura infrapedicular (AiP); altura posterior del cuerpo vertebral (Acp); longitud suprapedicular (LsP).

**Procesos articulares**

La variable *altura total articular* aumenta, para ambos lados y géneros, desde el nivel L1 a L2, a partir de este disminuye progresivamente hasta L5. La altura del complejo articular en el nivel L1 es semejante a la alcanzada en el nivel L4. Se han esquematizado estos hallazgos en la figura 72.

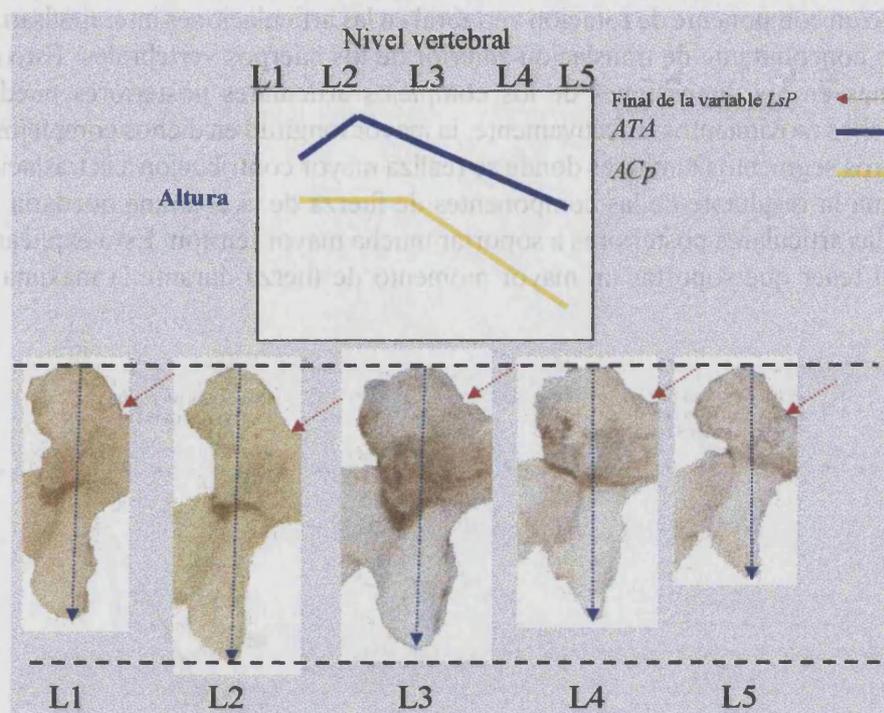


Figura 72. Esquema de la evolución por niveles vertebrales de las alturas de los procesos articulares. Longitud suprapedicular (LsP); altura total articular (ATA); altura posterior del cuerpo vertebral (ACp).

Según Bogduck <sup>11</sup> los primeros segmentos lumbares poseen sus articulaciones interapofisarias con un ángulo de aproximadamente 15° de inclinación respecto al eje medio sagital. Dicho ángulo ofrecería menor resistencia a la rotación y cierta resistencia al desplazamiento anteroposterior. Conforme descendemos de nivel lumbar las articulaciones interapofisarias se inclinan más, alcanzando ángulos cercanos a los 45°. Panjabi <sup>113</sup> ofrece los valores aproximados de dichas inclinaciones (Anexo, tabla 63), los cuales facilitarían que las articulaciones mencionadas ofreciesen mayor estabilidad a la rotación y limitación al desplazamiento anteroposterior. Es decir, lo que en realidad se limita con este aumento de la angulación de las articulaciones interapofisarias es su contribución a la rotación. De esta forma los segmentos lumbares inferiores, L4 y L5, contribuirían de forma escasa al movimiento de rotación de la columna lumbar, pero estarían de igual modo sometidas a movimientos de flexión. Como hemos visto por nuestros resultados existe una disminución progresiva de la altura total articular desde el nivel L2 a L5. Es decir, conforme disminuye la capacidad de rotación de los complejos articulares interapofisarios lo hace tan bien la altura total de los complejos implicados en dicho movimiento.

Durante el movimiento de flexión de la columna lumbar <sup>11</sup> los platillos de los cuerpos vertebrales tienden a alinearse, de manera que la curva lordótica quedaría desdibujada en el rango máximo de dicho movimiento. Esta anteversión ocurre principalmente en los primeros segmento lumbares, puede ocurrir en L4/L5, pero nunca en L5/S1. Por lo tanto las vértebras de la parte alta de la lordosis se desplazan hacia una posición neutra, en la cual las superficies de sus epífisis superiores e inferiores son paralelas entre sí (figura 73) En conclusión, durante la flexión lumbar existe no solo un componente de rotación vertebral en las articulaciones interapofisarias, sino una contribución concomitante de translación anterior de los cuerpos vertebrales. Esto sugiere que las variaciones en las dimensiones de los complejos articulares posteriores puedan estar en relación a dichos movimientos. Efectivamente, la mayor longitud en dichos complejos se observa en los primeros segmentos lumbares donde se realiza mayor contribución a la traslación anterior. De esta forma la resultante de las componentes de fuerza de la columna quedaría desplazada, obligando a las articulares posteriores a soportar mucha mayor tensión. Esto explicaría su mayor dimensión al tener que soportar un mayor momento de fuerza durante la máxima inclinación anterior.

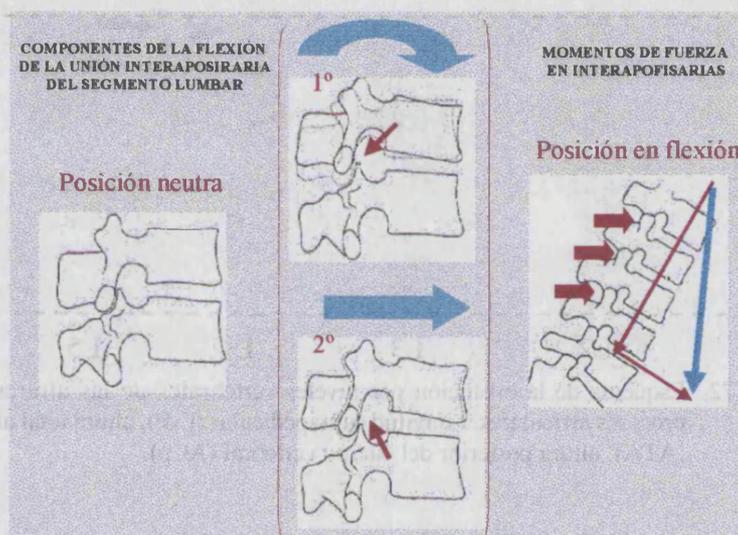


Figura 73. Esquema que muestra el comportamiento de los diferentes niveles lumbares durante la flexión lumbar.

Un caso especial sería el de L1 (menor altura que L2 y semejante a L4). Según Panjabi <sup>113</sup> la transición tóracolumbar puede ser a través de cualquier vértebra entre T9 y L1. Esto lo argumenta en función de la orientación de las carillas articulares y la gran variación encontrada. El complejo articular T12-L1 formaría parte de la charnela dorsolumbar, punto crítico de la inflexión que produce el cambio de cifosis torácica a lordosis lumbar. Su rango especial de movimiento debería permitir un grado notable de flexión junto a un elevado grado de rotación. Además la articulación interapofisaria T12-L1 sería un punto crítico por su elevada transmisión de cargas. Los resultados del presente trabajo respecto a la dimensión de dicho complejo refuerzan esta idea. El complejo articular de L1, con una *altura articular total* menor que la de los dos niveles siguientes, estaría adaptada a estos requerimientos de rotación y flexión.

En el nivel L5 se encuentra el complejo articular con menor altura y más próximo al muro posterior en visión lateral, ya que presentaba el menor valor para la *longitud suprapedicular*. Este acercamiento se debe al crecimiento del ángulo transversal del pedículo en dicho nivel. Es decir,

por los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre las dimensiones de la *longitud suprapedicular* y la *altura total articular* en L5, y conociendo la máxima apertura del ángulo sagital del pedículo, en este nivel encontraríamos los complejos articulares más cortos y con una máxima separación entre sí respecto al diámetro sagital.

Debido al diseño del presente trabajo no es posible conocer si la disminución o aumento de la altura total articular se produce a expensas de ambas articulares o solo de una de ellas. Tan poco si en su raíz una es más anterior o posterior respecto a la otra. Esto es debido a que únicamente analizamos variaciones globales de la variable en su conjunto. Si que es posible conocer la distancia que guardan dichas articulares posteriores respecto al muro posterior mediante la variable *longitud suprapedicular* y *máxima anchura del agujero de conjunción* para las articulares superior e inferior respectivamente. Scoles <sup>92</sup> en el trabajo de referencia ofrece datos sobre dos variables de nuestro interés, *altura faceta inferior* y *altura faceta inferior desde el punto medio del pedículo*. Según sus resultados el pedículo tendría una anchura de algo más de 15 mm en L1, y ligeramente inferior en L3 y L5. Estos valores son semejantes a los resultados obtenidos por otros autores <sup>9, 92</sup>. De forma indirecta (Anexo, tabla 64) podemos ver que la articular inferior está dotada de mayor altura respecto al punto medio del pedículo que la superior.

### Proceso espinoso y longitud vertebral

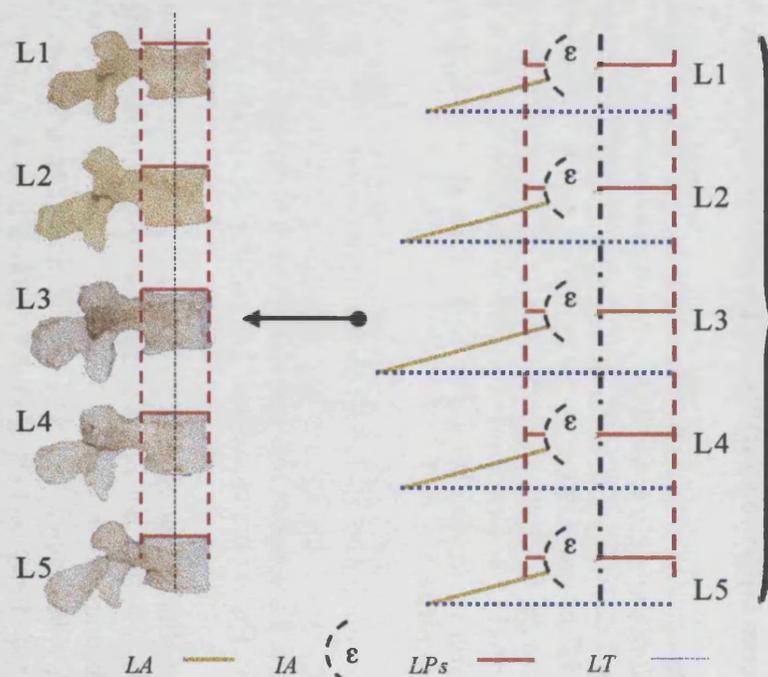
La caracterización del proceso espinoso vino determinada por su longitud y su inclinación. La variable *longitud de la apófisis espinosa* aumenta entre L1 y L3, y disminuye progresivamente en L4 y L5. Los resultados fueron semejantes para ambos géneros. Los valores que toma la variable en L2 es semejante al de L4, y el de L1 al de L5. Observamos que el crecimiento y decrecimiento de la espinosa es contrario y escalonado con respecto a la concavidad de la lordosis. El nivel L3 se sitúa como vértebra de inflexión en la lordosis, con la espinosa más larga. La *inclinación de la apófisis espinosa* no varía significativamente a lo largo de los niveles vertebrales lumbares.

La *longitud total de la vértebra lumbar* no varía significativamente entre los niveles L2 a L4. En L1 y L5 los valores son semejantes y menores que los de los niveles referidos anteriormente. La vértebra más larga es L3, vértebra que se encuentra en la máxima concavidad de la lordosis. En las charnelas dorso-lumbar y lumbosacra se encuentran las vértebras más cortas.

Para el cálculo de la *longitud de la apófisis espinosa* se tomaba como referencia el punto medio de la *longitud del platillo superior*, que como ya vimos no presentaba variaciones significativas entre niveles. Esto nos sugiere que el arco neural posterior y el proceso espinoso contribuyen a la variación en la longitud de las vértebras en la región lumbar, ya que las inclinaciones no fueron estadísticamente significativas. Las piezas vertebrales de nuestro estudio se colocaron buscando que el platillo superior correspondiera al plano horizontal cero grados del espacio. Por lo tanto en el caso de que superpusiéramos las cinco piezas vertebrales de cada columna, todos los platillos superiores se encontrarían paralelos entre sí. Se ha demostrado que en la flexión del raquis lumbar los platillos vertebrales se sitúan paralelos unos respecto a otros <sup>11</sup>. Por esto la disposición de las apófisis espinosas de un raquis flexionado podría compararse a las distintas estructuras de un “puente colgante” (fig. 74).



“Punte Colgante”



Flexión lumbar

Figura 74. Longitud del proceso espinoso (LA); ángulo  $\epsilon$ , inclinación del proceso espinoso (IA); longitud del platillo superior (LPs), longitud total vertebral (LT).

El hecho de que el proceso espinoso de L3 sea el más largo facilita la creación de tensión en los dos segmentos lumbares (L1-L2 y L4-L5), cosa que no ocurriría si tuvieran la misma longitud. Este resultado la justificación mecánica proporcionando en la literatura para explicar el mantenimiento de la estabilidad lumbar a la tensión de las estructuras pasivas durante el periodo del silencio eléctrico del fenómeno FR al final de la flexión del tronco.

La *longitud transpedicular* en L1, L2 y L3 no varía, sin embargo existe una disminución estadísticamente significativa en L4 y L5, donde se hace menor (figura 75).

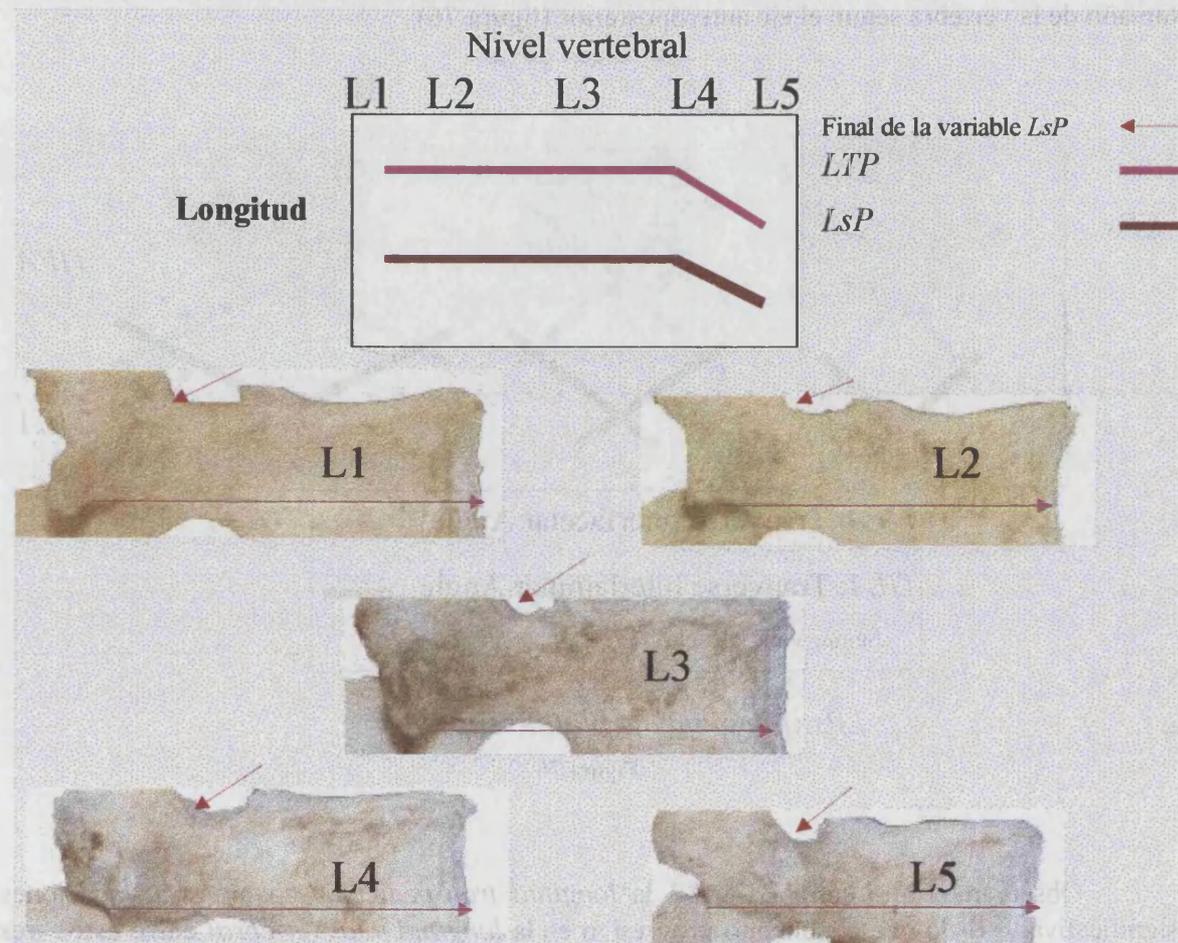


Figura 75. Longitud suprapedicular (LsP); longitud transpedicular (LTP).

La magnitud de la *longitud total vertebral* en visión lateral, según el planteamiento realizado en el presente trabajo engloba los siguientes variables y por lo tanto está influida por su variación a lo largo de los cinco niveles vertebrales. En primer lugar de la *longitud del platillo superior*, que como ya hemos comentado no presenta variaciones significativas entre niveles, lados y géneros. Segundo la *longitud transpedicular* (que engloba parte de las dimensiones de la variable anterior), estando el resto de su longitud constituido por la imagen de la longitud del pedículo en visión lateral. Parte de la longitud del pedículo correspondería a la *longitud suprapedicular* ya analizada anteriormente. El resto de la *longitud total vertebral* lo conformarían las dimensiones de la lámina y el proceso espinoso.

A su vez objetivamos un acortamiento de la longitud de la lámina y del proceso espinoso. Este último hecho podría estar en relación a la concordancia entre la orientación de las láminas y las carillas articulares de las articulaciones intervertebrales posteriores en los últimos segmentos lumbares, descrita por Van Shaick <sup>107</sup>. El autor afirma que una orientación mas sagital de las carillas correspondería a una orientación mas sagital de las láminas y viceversa. Esto nos sugiere que el aumento conocido de la angulación de las facetas articulares entre L4 y L5 (denominado *transverse interfacetar angle*, *TIFA*) iría acompañado de un crecimiento del ángulo interlaminar (*transverse interlaminar angle*, *TILA*) en el plano sagital, provocando un acortamiento del tamaño de la vértebra según el eje anteroposterior (figura 76).

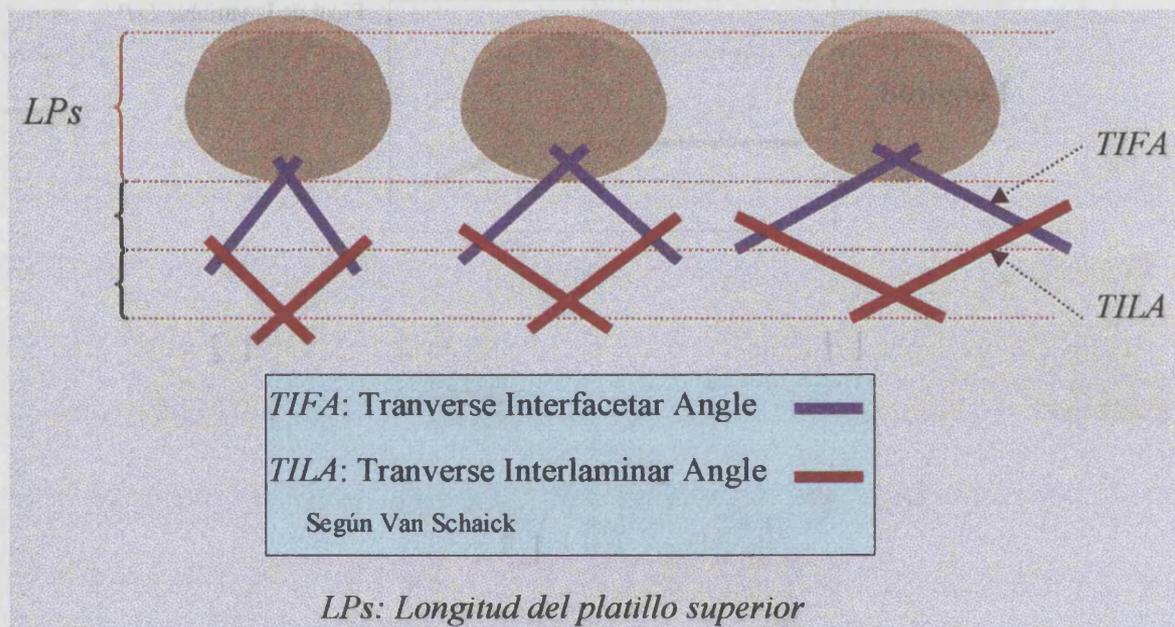


Figura 76

Observamos que entre L1 y L3 la *longitud transpedicular* no muestra variaciones significativas, por lo que el aumento progresivo en la *longitud total vertebral* entre estos tres niveles se debe al aumento de la longitud conjunta de la imagen de la lámina y del proceso espinoso. Entre L4 y L5 se produce un descenso de la *longitud total vertebral*. Este descenso está asociado a un acortamiento progresivo de la *longitud transpedicular*, sin variaciones en la *longitud del platillo superior*. Esto implica necesariamente un acortamiento de la imagen lateral ofrecida por el pedículo y la *longitud suprapedicular* (que efectivamente se produce como ya vimos). La vértebra más larga es L3, vértebra que se encuentra en la máxima concavidad de la lordosis. En las charnelas dorso-lumbar y lumbosacra se encuentran las vértebras más cortas (figura 77).

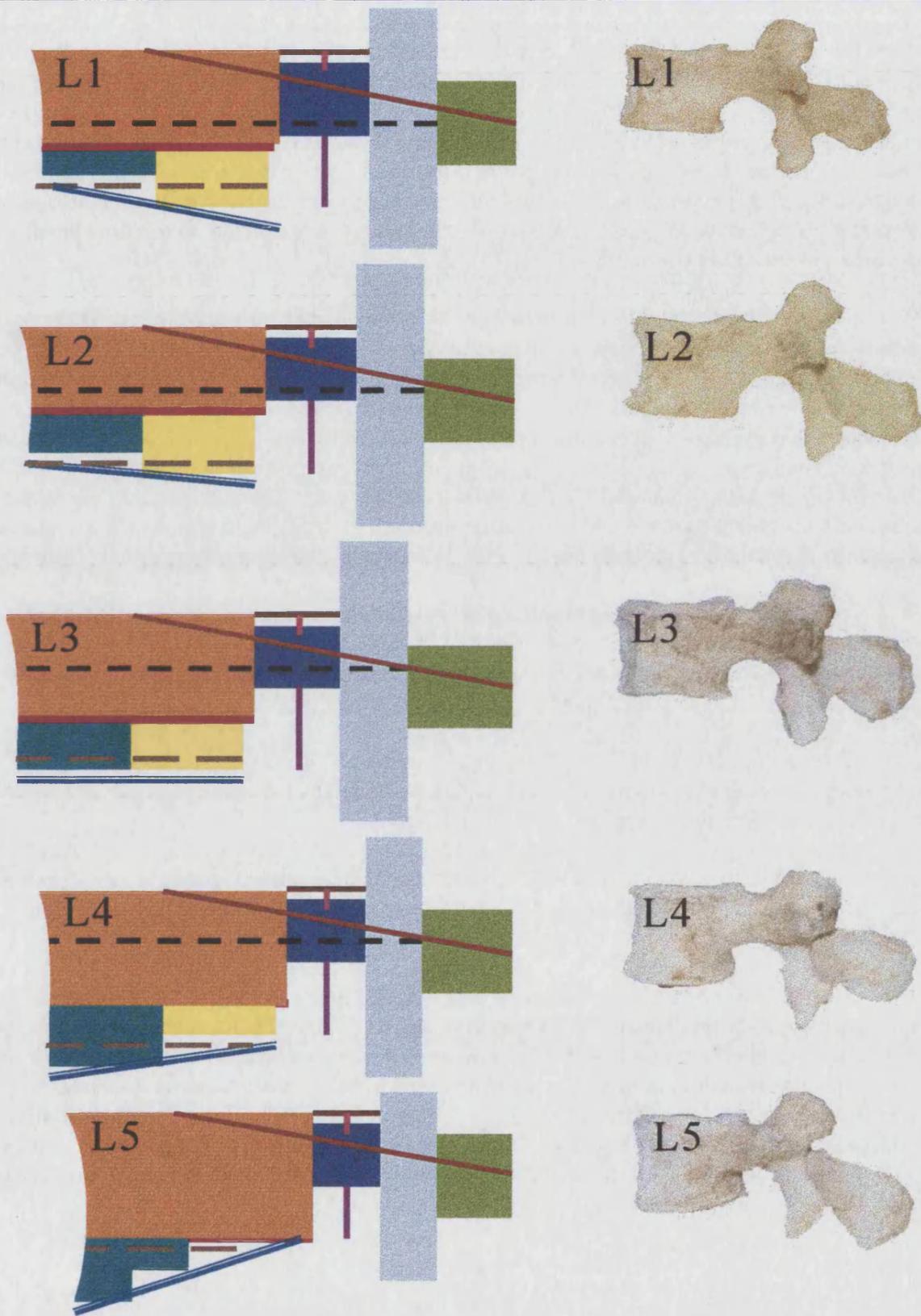


Figura 77. Esquema de la lordosis lumbar a través de la morfología obtenida en el presente estudio

Las dimensiones de las alturas, longitudes e inclinación de los platillos vertebrales, así como las del arco neural posterior, han sido estudiadas por otros autores. En ocasiones las diferencias fueron evidentes. Nosotros creemos que dichas diferencias son debidas a cuestiones metodológicas por varias razones. En ocasiones por los objetivos de los trabajos, el tipo de muestra, o la referencias espaciales de las variables analizadas. En otros por el método y el sistema e instrumentación de medida. En nuestro caso tratamos de explicar la forma a través de estas medidas. Por ello aunque cuantitativamente las medidas varíen, las tendencias sin embargo son similares. En las tablas 65 a 70 del Anexo se presentan la comparación de nuestros resultados respecto a otros autores.

Hemos comparado las medias obtenidas de las variables correspondientes a las alturas del cuerpo del presente trabajo con las semejantes descritas por otros autores<sup>9, 42, 80, 85, 92</sup> para población caucásica y las correspondientes a las longitudes<sup>9, 34, 47</sup>. Para todos los autores comparados existe un aumento de la *altura anterior* del cuerpo vertebral desde L1 a L5, y describen una disminución de la *altura posterior* en L5. Hermann<sup>42</sup> es el único que obtiene una discreta disminución ya en el nivel L4, lo queda corroborado con nuestros resultados. La disminución de la *longitud del platillo inferior* en L4 y L5 fue muy evidente en nuestros resultados en comparación con los de otros autores. Para las inclinaciones de los platillos vertebrales existen con el presente trabajo diferencias metodológicas que impiden la comparación<sup>9, 80</sup>.

Hemos comparado la variable *altura del agujero de conjunción* del presente trabajo con la variable semejante determinada por Mirkovic<sup>70</sup>, habiendo obtenido valores superiores en el presente trabajo. Las diferencias se deben principalmente a que este autor toma sus medidas sobre cadáver con presencia de partes blandas sobre los elementos óseos.

En cuanto a las dimensiones del pedículo comparativamente con otros autores<sup>9, 44, 77, 80, 92, 119</sup> nuestros resultados son muy parecidos a los de Olsewki<sup>77</sup> para todos los niveles lumbares, y ligeramente superiores que para el resto de autores.

Los resultados ofrecidos por Berry<sup>9</sup> para su variable comparable con *altura total articular* son ligeramente inferiores a los ofrecidos en el presente trabajo, atribuido principalmente a la diferente referencia en la toma de medidas.

La longitud total de las vértebras ha sido medida por otros autores<sup>9, 33, 46</sup>, observándose una coincidencia de resultados con los nuestros. Iniesta<sup>47</sup> describe dos variables medidas por ambos lados de la vértebra parecidas a la analizada por nosotros como *longitud transpedicular*. Los resultados obtenidos por el autor y los del presente trabajo son muy semejantes observándose una disminución creciente entre L4 y L5. El mismo autor describe mediante dos variables la *distancia sagital del proceso espinoso*, y la *longitud total vertebral*, con esta misma morfología de crecimiento de L1 a L3 y decrecimiento posterior, estando en concordancia con nuestros resultados.

### 3. EFECTO NIVEL Y GÉNERO

En el presente estudio se observan más diferencias estadísticamente significativas en la población masculina que en la femenina en la comparación internivel, a pesar de que existen tendencias parecidas entre géneros en todas las variables estudiadas. Este hecho lo atribuimos al tamaño reducido de la muestra de columnas clasificadas como femeninas, por lo que el método estadístico riguroso no resalta dichas diferencias.

No fue posible poner de relieve en el presente estudio diferencias estadísticamente significativas al comparar la población masculina con la femenina, atribuido a las mismas causas explicadas para las diferencias internivel. Observando la comparación de las variables entre géneros es evidente la tendencia a un menor valor cuantitativo de todas las medias en la población femenina. Para la variable *inclinación de la epífisis inferior* no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.998$ ). Estos mismos resultados son constatados por otros autores<sup>24, 44, 77</sup> los cuales obtienen dimensiones morfométricas más pequeñas para las mujeres que para los hombres, sin variaciones entre géneros en las variables angulares estudiadas tanto del cuerpo como del pedículo.

Hemos observado efecto internivel en la columna lumbar en las variables que miden alturas en el plano sagital del cuerpo vertebral, las cuales poseen magnitudes crecientes en sentido cefalocaudal en relación al aumento del peso-fuerza. De la misma forma se detecta efecto género en los diámetros verticales en el plano sagital, al ser cuantitativamente menores en el género femenino. Esto nos sugiere que existe una asociación entre efecto internivel y género. Estas conclusiones constatarían los resultados de Amonoo-Kuofi<sup>2</sup>, el cual atribuye al diámetro vertical en el plano sagital una mayor contribución a las funciones de transmisión de cargas que al diámetro horizontal, y los de Diacinti<sup>19</sup>, el cual describe una reducción estadísticamente significativa de la relación entre la altura anterior del cuerpo vertebral y la posterior con el transcurso de la edad, siendo dicha relación independiente de factores generacionales. Según Shi<sup>97</sup> las variaciones en los diámetros verticales dorsales en las vértebras lumbares L4 y L5 es más marcada en los humanos que en los chimpancés, macacos, y monos japoneses. Este hecho nos hace pensar que los diámetros verticales dorsales intervienen de forma decisiva en la carga durante la posición bípeda, y a su vez intervienen de forma decisiva en la conformación de la lordosis lumbar.

Las longitudes en el plano transversal presentan una asociación también intensa de ambos efectos. Este se puede observar en el incremento de su magnitud en sentido cefalocaudal en la columna lumbar y por el fuerte dimorfismo sexual expresado en el *diámetro anterotransverso* utilizado en la clasificación de géneros. Shi<sup>97</sup>, comparativamente con las mismas especies de monos, observa que los diámetros transversos en los humanos crecen de forma muy marcada desde C3 a C7 y de T8 a L5. Este crecimiento cefalocaudal, ya comentado para otros autores<sup>9, 47, 80, 92</sup>, sugiere estar en relación a la posición bípeda del humano.

Las variables que miden longitudes en el plano sagital (diámetros horizontales) no parecen afectarse de forma tan intensa por el efecto internivel. El efecto dimórfico sexual persiste en menor cuantía, comprobado no solo en las variables del estudio morfométrico, sino en el *diámetro anteroposterior* usado en la clasificación en géneros de la muestra.



## **CONCLUSIONES**

---



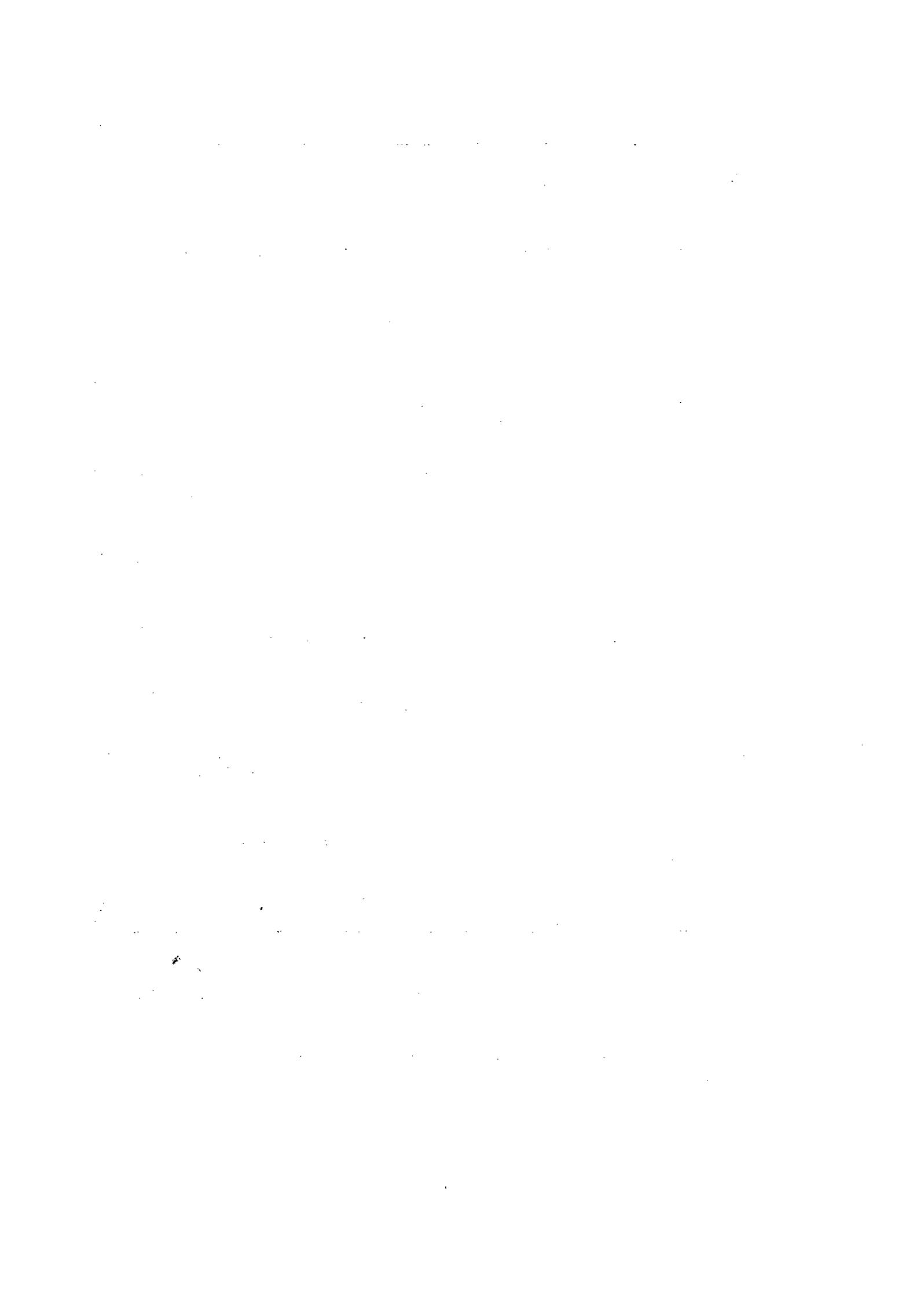
# CONCLUSIONES

1. En la clasificación genérica de piezas óseas ofrece una gran fiabilidad la combinación de criterios descriptivos de huesos coxales y sacro con los basados en criterios cuantitativos (diámetros vertebrales), mostrando estos últimos información acerca de como los primeros han sido capaces de determinar el género.
2. Las dimensiones vertebrales determinadas en el presente trabajo fueron menores en las vértebras pertenecientes al género femenino.
3. La caracterización morfométrica del cuerpo vertebral y arco neural de las vértebras lumbares permitió sistematizar la conformación del raquis lumbar en dos segmentos morfológicos, superior e inferior, con una vértebra central, el nivel vertebral 3; el segmento superior formado por los niveles L1 y L2 con el cuerpo vertebral ligeramente acunado en su parte anterior; el segmento inferior formado por los niveles L4 y L5 con el cuerpo acunado en su parte posterior. Lo que nos hace afirmar que la forma de la lordosis lumbar se debe no solo a los discos intervertebrales, sino a la variación de la forma, esto es, el acunamiento anterior y posterior de los dos segmentos morfológicos.
4. La variación en la forma del agujero de conjunción está determinada por la variación de la altura del muro posterior del cuerpo vertebral, siendo el más esférico el de L3 y el de mayor superficie el de L4.
5. La altura pedicular no varía entre los distintos niveles vertebrales, excepto en L1 que es de mayor tamaño. Esto sugiere que actúan como contrafuertes en la transmisión de cargas, cuando la altura del muro posterior decrece en L4 y L5.
6. Las vértebras que más se desplazan en la flexión del tronco son L1, L2 y L3, ~~pero~~<sup>y</sup> sus procesos articulares son los de mayor altura, para estabilizar o actuar de contrafuerte.
7. La variación en la longitud de las vértebras lumbares se debe a la variación del arco posterior, que a su vez obedece a la apertura del ángulo interfáctar en el plano sagital.



## **BIBLIOGRAFÍA**

---



# BIBLIOGRAFÍA

1. Andre B, Dansereau J, Labelle H: *Optimized vertical stereo radiographic setup for the clinical three-dimensional reconstruction of the human spine*. J Biomech. 27(8):1023-35, 1994.
2. Amonoo-kuofi HS: *Age-related variations in the horizontal and verteical diametres of the pedicles of the lumbar spine*. J. Anat. 186:321-328, 1995.
3. Atlas SJ; Keller RB; Robson D; Deyo RA; Singer DE: *Surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis: four-year outcomes from the maine lumbar spine study*. Spine Mar 1; 25(5): 556-62, 2000
4. Aubin CE, Dansereau J, Parent F, Labelle H, de-Guise JA: *Morphometric evaluations of personalised 3D reconstructions and geometric models of the human spine*. Med-Biol-Eng-Comput. 35(6): 611-8, 1997.
5. Bhattachayra GK, Johnson RA: *Statistics: principles and methods* (Second edition). Ed. John Wiley and sons,1992.
6. Beers GJ, Carter AP, Leiter BE, Tilak SP, Shah RR: *Interobserver discrepancies in measurements from lumbar spine CT Scans*. AJR 144:395-398, 1985.
7. Berkson MH, Nachemson AL, L. and Schultz AB: *Mechanical properties of human lumbar spine motion segments-Part 2*. Engng. 101:53-57, 1979.
8. Berlemann U, Heini P, Muller U, Stoupis C, Schwarzenbach O: *Reliability of pedicle screw assessment utilizing plain radiographs versus CT reconstruction*. Eur-Spine-J. 6(6): 406-10; discussion 410-1, 1997.
9. Berry JL, Moran JM, Berg WS, Steffee AD: *A morphometric study of human lumbar and select thoracic vertebrae*. Spine 12:362-367, 1987.
10. Boden SD, Riew KD, Yamaguchi K, Branch TP, Schellinger D, Wiesel SW: *Orientation of the Lumbar Facet Joints: Association with Degenerative Disc Disease*. The Journal of Bone and Joint Surgery, Incorporated 78-A(3) 403-411, 1996.
11. Bogduk N. *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*. Ed. Churchill Livingstone. London 1997.
12. Cassidy JD, Loback D, Yong-hing K, Tchang S: *Lumbar facet joint asymmetry. Intervertebral disc herniation*. Spine 17: 570-574, 1992.

13. Chen IH, Hou CH, Huang, Lee LS: *Measurement of Chinese lumbar pedicles: With special reference to transpedicular screw fixation*. Chung Hua I Hsueh Tsa Chih Taipei 53(6):351-356, 1994.
14. Cheung KMC, Ruan D, Chan FL, Fang D: *Computed Tomographic Osteometry of Asian Lumbar Pedicles*. Spine 19(13):1495-1498, 1994.
15. Chung I H, Lee H M, Kim N H , Kim H J: *Morphometric study of the lumbar spinal canal in the korean population*. Spine 20(15):1679-1684, 1995.
16. Cotterill PC, Kostuik, D'Angelo G, Fernie GR, Maki BE: *An anatomical comparison of the human and bovine thoracolumbar spine*. J. Orthop. Res. 4:298-303, 1986.
17. Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, Browner W, Cauley J, et al. *Bone density at various sites for prediction of hip fractures*. The Lancet 341(9):72-75, 1993.
18. Davies KM, Recker RR, Heaney RP. *Normal vertebral dimensions and normal variation in serial measurements of vertebrae*. J. Bone Mine. R. 4(3):341-349, 1989.
19. Diacinti D, Acca M, D'Erasmus E, Tomei E, Mazzuoli F: *Aging Changes in Vertebral Morphometry*. Calif. Tissue Int. 57: 426-429, 1995.
20. Ebraheim NA, Miller RM, Xu RM, Yeasting RA: *The location of the intervertebral lumbar disc on the posterior aspect of the spine*. Surgical Neurology 48 (3) : 232-236, 1997.
21. Ebraheim NA, Xu RM, Ahmad M, Yeasting RA: *Projection of the thoracic pedicle and its morphometric analysis*. Spine 1; 22 (3) : 233-238, 1997.
22. Ebraheim NA, Xu R, Darwich M, Yeasting RA: *Anatomic relations between the lumbar pedicle and the adjacent neural structures*. Spine 22(20): 2338-41, 1997.
23. Espeland A, Korsbrekke K, Albrektsen G, Larsen JL: *Observer variation in plain radiography of the lumbosacral spine*. Br-J-Radiol. 71(844): 366-75, 1998.
24. Fang D, Cheung KMC, Ruan D, Chan FL: *Computed Tomographic Osteometry of the Asian Lumbar Spine*. Journal of Spinal Disorders 7(4): 307-316, 1994.
25. Faraj AA, Webb JK: *Early complications of spinal pedicle screw*. Eur. Spine J. 6(5): 324-6, 1997.
26. Farfan HF, Huberdeau RM, Dubow HI: *Lumbar intervertebral disc degeneration. The influence of geometrical features on the pattern of disc degeneration - a post mortem study*. J. Bone Joint Surg. 54A: 492-510, 1972.
27. Frank EH. *The use of small malleable endoscopes to assess pedicle screw placement: technical note*. Minim Invasive Neurosurg. 41(1): 10-2, 1998.

28. Frank EH, Chamberland DL: *An endoscopic pedicle probe: preliminary development.* *Neurol. Res.*19(6): 657-61, 1997.
29. Fernand R, Fox DE: *Evaluation of lumbar lordosis. A prospective and retrospective study.* *Spine* 10: 799-803, 1985.
30. Frobin W, Brinckmann P, Biggemann M, Tillotson M, Burton K : *Precision measurement of disc height, vertebral height and sagittal plane displacement from lateral radiographic views of the lumbar spine.* *Clinical Biomechanics* 12, Suppl. 1 : S1-S63, 1997.
31. Gallagher JC, Hedlund LR, Stoner S, Meeger C: *Vertebral morphometry: normative data.* *Bone and Mineral* 4:189-196, 1988.
32. Gennat HK, Glüer CC, Lotz JC: *Gender differences in bone density, skeletal geometry, and fracture biomechanics.* *Radiology* 190:636-640, 1994.
33. Gisbert JA: *Medicina Legal y Toxicológica.* 5ª ed. Barcelona, Masson S.A., 1998.
34. Gilad I, Nissan M: *A study of vertebra and disc geometric relations of the human cervical and lumbar spine.* *Spine* 11:154-157, 1986.
35. Goudet P, Baulot E, Trouillod P, Proy A, Cougard P, Autissier JM: *La jonction thoracolumbinaire. Orientation des zygapophysies, tubercules mamillaires et rotation vertébrale.* *Bulletin de l'Association des Anatomistes*, 79(245):13-20, 1995.
36. Globler LJ, Robertson PA, Novotny JE, Pope MH: *Etiology of spondylolisthesis. Assessment of the role played by lumbar facet joint morphology.* *Spine* 18: 80-91, 1993.
37. Guingrich JA; McDermott JC: *Ureteral injury during laparoscopy-assisted anterior lumbar fusion.* *Spine.* Jun 15; 25(12): 1586-8, 2000.
38. Hand DJ, Taylor CC: *Multivariate analysis of variance and repeated measures.* Chapman and Hall, 1987.
39. Hasue M, Kikuchi S, Sakuyama Y, Ito T: *Anatomic study of the interrelation between lumbosacral nerve roots and their surrounding tissues.* *Spine* 8: 50-58, 1983.
40. Hansson T, Bigos S, Beecher P, Wortley M: *The lumbar lordosis in acute and chronic low-back pain.* *Spine* 10: 154-155, 1985.
41. Hagg O, Wallner A: *Facet joint asymetry and protusion of the intervertebral disc.* *Spine* 15: 356-359, 1990.
42. Hermann AP, Brixen K, Mosekilde L: *Reference values for vertebral heights in Scandinavian females and males.* *Acta Radiológica* 34(1):48-52, 1993.

43. Hirano T, Hasegawa K, Takahashi HE, Uchiyama S, Hara T, Washio T, Sugiura T, Yokaichiya M, Ikeda M: *Structural characteristics of the pedicle and its role in screw stability*. Spine 22(21): 2504-9, 1997; discussion 2510.
44. Hu R, Shuxun H, Shi Y: *Pedicle morphology of the lower thoracic and lumbar spine in a chinese population*. Spine 18:1850-1855, 1993.
45. Huang TJ, Hsu RW, Liu HP, Hsu KY, Liao YS, Shih HN, Chen YJ: *Video-assisted thoracoscopic treatment of spinal lesions in the thoracolumbar junction*. Surg. Endosc. 11(12): 1189-93, 1997.
46. Huynh TN, Dansereau J, Maurais G: *Development of a vertebral endplate 3-D reconstruction technique [letter]*. IEEE Trans. Med. Imaging Oct; 16(5): 689-96, 1997.
47. Iniesta JM: *Algoritmos de visión artificial y de reconocimiento de patrones para el estudio morfométrico del eje raquídeo humano*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, 1994.
48. Islam C, Guzel MB, Sakul BU: *Clinical importance of the minimal cancellous diameter of the lower thoracic and lumbar vertebral pedicles*. Clinical Anatomy 9:151-154, 1996.
49. Iguchi T; Kurihara A; Nakayama J; Sato K; Kurosaka M; Yamasaki K: *Minimum 10-year outcome of decompressive laminectomy for degenerative lumbar spinal stenosis*. Spine Jul 15; 25(14): 1754-9, 2000.
50. Ito M, Hayashi K, Yamada M, NaKamura T: *Vertebral measurements for assessment of osteoporosis*. Br. J. Radiol. 67(800):759-63, 1994.
51. Kapandji,IA: *Cuadernos de fisiología articular*. Barcelona, Ed. Toray-Masson, Tomo 3(III):76-125, 1973.
52. Kim N, Lee H, Chung I, et al :*Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans*. Spine 15(12):1390-1394, 1994.
53. Krag MH, Weaver DL, Beynon BD, Haugh LD: *Morphometry of the thoracic and lumbar spine related to transpedicular screw placement for surgical spinal fixation*. Spine 13:27-32.1988.
54. Laine T, Makitalo K, Schlenzka D, Tallroth K, Poussa M, Alho A: *Accuracy of pedicle screw insertion: a prospective CT study in 30 low back patients*. Eur. Spine J. 6(6): 402-5, 1997.
55. Larsen JL: *The posterior surface of the lumbar vertebral bodies (part I)*. Spine 10:50-58, 1985.
56. Lisinski P: *A spatial configuration of the lumbo-sacral part of the vertebral column-an importance in the etiology of low back pain*. Folia Morphol. Warsz 58(2): 137-44, 1999.

57. Lavaste F, Skalli W, Robin S, Roy-Camille R, Mazel C: *Three-dimensional geometrical and mechanical modelling of the lumbar spine*. J Biomechanics 25(10):1153-1164, 1992.
58. Lee HM, Kim NH, Kim HJ, Chung IH: *Morphometric Study of the lumbar Spinal Canal in the Korean Population*. Spine 20(15): 1679-1684, 1995.
59. Legendre L, Legendre P: *Numerical Ecology*. Elsevier, 1983.
60. Lord MJ, Small JM, Dinsay JM, Watkins RG: *Lumbar lordosis. Effects of sitting and standing*. Spine 22(21): 2571-4, 1997.
61. Lotz JC, Hu SS, Chiu DF, Yu M, Colliou O, Poser RD: *Carbonated apatite cement augmentation of pedicle screw fixation in the lumbar spine*. Spine 22(23): 2716-23, 1997.
62. Macintosh JE, Bogduk N, Percy MJ: *The effects of flexion on the geometry and actions of the lumbar erector spinae*. Spine 18(7):884-893, 1993.
63. MacLaughlin SM, Oldale KNM: *Vertebral body diameters and sex prediction*. Anuals of Human Biology 19(3): 285-292, 1992.
64. Malmivaara A, Videman T, Kuosma E, Troup JDG: *Facet joint orientation, facet and costovertebral joint osteoarthrosis, disc degeneration, vertebral body osteophytosis, and schmorl's nodes in the thoracolumbar junctional region of cadaveric spines*. Spine 12(5):459-463, 1986.
65. Mazzuoli GF, Diacinti D, Acca M, D'Erasmus D. *Aging changes in vertebral morphometry*. Calcif. Tissue Int. 57:426-429, 1995.
66. Matsui H, Tatezaki S, Tsuji H: *Ceramic vertebral replacement for metastatic spine tumors*. J. Spinal Disord. 7(3):248-54, 1994.
67. Mikhael MA, Ciric I, Tarkington JA, Vick NA: *Neuroradiological evaluation of lateral recess syndrome*. Radiology 140:97-107, 1981.
68. Miller JAA, Haderspeck KA and Schultz AB: *Posterior element in lumbar motion segments*. Spine 8:331-337, 1983.
69. Miller AA, Schultz B, et al: *Stiffness properties and geometry of lumbar spine posterior elements*. Biomechanics 18(11):821-830, 1985.
70. Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD: *Anatomic Considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures*. Spine 20(18):1965-1971, 1995.
71. Mooney V and Robertson J: *The facet syndrome*. Clin. Orthop. Rel. Res.115:149-156, 1975.

72. Moore DC, Maitra RS, Farjo LA, Graziano GP, Goldstein SA: *Restoration of pedicle screw fixation with an in situ setting calcium phosphate cement*. Spine 22 (15) : 1696-1705, 1997.
73. Nicholson PHF, Haddaway MJ, Davie MW, Evans SF: *A computerized technique for vertebral morphometry*. Physiol. Meas. 14:195-204, 1993.
74. Nissan M, Gilad I: *The cervical and lumbar vertebrae: An anthropometric model*. Eng. Med. 13(3):111-114, 1984.
75. Nolte L, Zamorano L, Arm E, Visarius H, Jiang Z, Berlerman U, Schwarzenbach O: *Image-guided computer-assisted spine surgery: a pilot study on pedicle screw fixation*. Proceedings of the Meeting of the American Society for Stereotactic and Functional Neurosurgery, Marina del Rey, Calif., 1995, Part II. Stereotact Funct. Neurosurg. 66:108-117, 1996.
76. Okuyama K, Sato K, Abe E, Onuma S, Ishikawa N: *Vertebral pedicle diameter as determined by computed tomography: inaccuracies observed by direct measurement of cadaveric lumbar spine*. Skeletal Radiol. 23:551-553, 1994.
77. Olsewski JM, Simmons EH, Kallen FC, Mendel FC, Severin CM, Berens MD: *Morphometry of the lumbar spine: anatomical perspectives related to transpedicular fixation*. J. Bone Joint Surg. 72A(4):541-549, 1990.
78. Pal GP; Routal RV: *Mechanism of change in the orientation of the articular process of the zygapophyseal joint at the thoracolumbar junction*. J. Anat. Aug; 195 ( Pt 2): 199-209, 1999.
79. Panjabi MM, Duranceau JS, Goel VK, Oxland TR, Takata K: *Cervical human vertebrae quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions*. Spine 16:861-869, 1991.
80. Panjabi MM, Goel V, Oxland TR, Takata K, Duranceau JS, Krag M, Price M: *Human lumbar vertebrae quantitative three-dimensional anatomy*. Spine 17:299-306, 1992.
81. Panjabi MM, Takata K, Goel V, et al: *Thoracic human vertebrae quantitative three-dimensional anatomy*. Spine 16:888-901, 1991.
82. Panjabi MM, Oxland T, Takata K, Goel V, Duranceau J, Krag M: *Articular facets of the human spine. Quantitative Three-Dimensional anatomy*. Spine 18(10):1298-1309, 1993.
83. Pelker RR, Gage JR: *The correlation of idiopathic lumbar scoliosis and lumbar lordosis*. Clin. Orthop. 163: 199-201, 1982.
84. Pope MH, Bevins T, Wilder DG, Frymoyer JW: *The relationship between antropometric, postural, muscular, and mobility characteristics of males ages 18-55*. Spine 10: 644-648, 1985.

85. Postacchini F, Ripani M, Carpano S: *Morphometry of the lumbar vertebrae. An anatomic study in two Caucasoid Ethnic Groups*. Clin. Ortop. 172: 296-303, 1983.
86. Robertson PA, Novotn JE, Grobler LJ, Agbai- JU: *Reliability of axial landmarks for pedicle screw placement in the lower lumbar spine*. Spine 23(1): 60-6, 1998.
87. Robin S, Skalli W, Lavaste F: *Influence of geometrical factors on the behavior of lumbar spine segments: a finite element analysis*. Eur. Spine J. 3:84-90, 1994.
88. Ross PD, Wasnich RD, Davis JW, Vogel JM: *Vertebral Dimension differences between Caucasian populations, and between Caucasians and Japanese*. Bone 12:107-112, 1991.
89. Rouvière H, Delmas A: *Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional (tomo II). Tronco*. Masson. Barcelona, 10ª edición.
90. Sanders WJ: *Comparative morphometric study of the australopithecine vertebral series Stw-H8/H41*. J. Hum. Evol. 34(3): 249-302, 1998.
91. Samuels ML: *Statistics for the life sciences*. Dellen Publishing Company, 1989.
92. Scoles PV, Linton AE, Latimer B, Levy ME, Digiovanni BF: *Vertebral body posterior element morphology: The normal spine in middle life*. Spine 13:1082-1086, 1988.
93. Schmorl G, Junghanns H: *The human spine in health and disease*, 2nd American edn. Grune & Stratton, New York, p.18, 1971.
94. Schultz AB, Warwick DN, Berkson MH, Nachemson AL: *Mechanical properties of human lumbar spine motion segments-Part 1. Response in flexion, extension, lateral bending and torsion*. J. Biomech. Engng. 101:46-52, 1979.
95. Schultz AB, Haderspeck K, Warwick D, Portillo D: *Use of lumbar trunk muscles in isometric performance of mechanically complex standing tasks*. J. Orthop. Res. 1:77-91, 1983.
96. Shapiro SA, Snyder W: *Spinal instrumentation with a low complication rate*. Surg. Neurol. Dc 48(6): 566-74, 1997.
97. Sizer PS Jr; Matthijs O; Phelps V: *Influence of age on the development of pathology*. Curr. Rev. Pain 4(5): 362-73, 2000.
98. Shi C, Nishizawa S, Adachi K, Endo B: *A comparative morphological analysis of vertebral bodies in humans and some other mammals*. Anthropological Science 104 (2): 139-139, 1996.
99. Stokes IA: *Analysis of symmetry of vertebral body loading consequent to lateral spinal curvature*. Spine 22(21): 2495-503, 1997.

100. Testut L, Latarjet A: *Tratado de Anatomía Humana*. 9ª ed., Barcelona, Ed. Salvat, Tomo I, 1198 pp.
101. Torgerson WR, Dotter WE: *Comparative roentgenographic study of the asymptomatic and symptomatic lumbar spine*. J. Bone Joint Surg. 58A: 850-853, 1976.
102. Troyanovich SJ, Cailliet R, Janik TJ, Harrison DD, Harrison DE: *Radiographic mensuration characteristics of the sagittal lumbar spine from a normal population with a method to synthesize prior studies of lordosis*. Journal of Spinal Disorders 10 (5): 380-386, 1997.
103. Tulsi RS, Hermanis GM: *A study of the angle of inclination and facet curvature of superior lumbar zygapophyseal facets*. Spine, 18(10):1311-1317, 1993.
104. Vanneuville G, Cluzel P, Massaux M, Bresollette P, Kyndt T, Garcier JM, Guillot M, Gabrillargues J, Chandezon R, Poumarat G: *A model of the human lumbar vertebral column: a preliminary study*. Surg. Radiol. Anat. 17:53-57, 1995.
105. Van Schaik JPJ, VanPinxteren B, Verbiest H, Crowe A, Zuiderveld KJ: *The facet orientation circle - A new parameter for facet joint angulation in the lower lumbar spine*. Spine 1; 22 (5) : 531-536, 1997.
106. Van Schaik JPJ, Verbiest H, Van Schaik FDJ: *The orientation and shape of the lower lumbar facet joints: a computed tomographic study of their variation in 100 patients with low back pain and a discussion of their possible clinical implications*. In Computed tomography of the Spine, pp. 495-505. M.J. Post. Baltimore, Williams and Wilkins, 1984.
107. Van Schaik JPJ, Verbiest H, Van Schaik FDJ: *The orientation of laminae and facet joints in lower lumbar spine*. Spine 10:59-63, 1985.
108. Van Schaik JPJ, Verbiest H, Van Schaik FDJ: *Morphometry of lower lumbar vertebrae as seen on CT Scans: Newly recognized characteristics*. American Journal of Roentgenology. 145(2): 327-335, 1985.
109. Wang JL; Parnianpour M; Shirazi Adl-A; Engin AE: *Viscoelastic finite-element analysis of a lumbar motion segment in combined compression and sagittal flexion. Effect of loading rate*. Spine Feb. 1; 25(3): 310-8, 2000.
110. Wang TM, Shih C: *Morphometric variations of the lumbar vertebrae between chinese and indian adults*. Acta Anat. 144:23-29, 1992.
111. Weishaupt D; Schmid MR; Zanetti M; Boos-N; Romanowski B; Kissling RO; Dvorak-J; Hodler J: *Positional MR imaging of the lumbar spine: does it demonstrate nerve root compromise not visible at conventional MR imaging?*. Radiology Apr; 215(1): 247-53, 2000

112. Weaver JK: *Bone: its strength and changes with aging and an evaluation of some methods for measuring its mineral content*. J. Bone Joint Surg. 41 A: 935, 1996.
113. White III AA, Panjabi MM: *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2º ed.. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1990.
114. Whyne CM, Hu SS, Klisch S, Lotz JC: *Effect of the pedicle and posterior arch on vertebral body strength predictions in finite element modeling*. Spine 23(8): 899-907, 1998.
115. Wilke HJ, Kettler A, Wenger KH, Claes LE: *Anatomy of the sheep spine and its comparison to the human spine*. Anatomical Record. 247 (4): 542-555, 1997.
116. Wilke HJ, Russo G, Schmitt H, Claes LE: *A mechanical model of human spinal motion segments*. Biomed. Tech. Berl. 42(11): 327-31, 1997.
117. Williams PL, Warwick R: *Gray Anatomía*. Tomo I. Salvat Editores SA, 1985.
118. Wyke B: *The neurology of joints*. Ann. R. Coll. Surg. 41:25-50.
119. Yoo JU, Ghanayem A, Petersilge C, Lewin J: *Accuracy of using computed tomography to identify pedicle screw placement in cadaveric human lumbar spine*. Spine 22(22): 2668-71, 1997.
120. Zindrick M.R.: *Analysis of the Morphometric Characteristics of the Thoracic and Lumbar Pedicles*. Spine 12:160-166, 1987.



**ANEXO**

---



## ANEXO

		Masculinas			Femeninas		
		n	$\bar{x}$	SD	n	$\bar{x}$	SD
APD en T11	MacLaughlin <sup>62</sup>	55	22,92	2,96	79	19,04	1,85
	PT	15	22,70	1,82	10	20,24	1,52
ATD en T12	MacLaughlin <sup>62</sup>	59	33,09	2,84	75	27,34	2,60
	PT	16	32,43	2,99	10	27,17	2,71

Tabla 59. Valores de las variables en mm. Diámetro anteroposterior (APD) y anterotransverso (ATD); presente trabajo (PT); n° de individuos de la muestra (n); valor de la media ( $\bar{x}$ ); desviación estándar (SD).

N.V.	Autor	Población Caucásica			Población Oriental		
		ANCHURAS DEL CUERPO			ANCHURAS DEL CUERPO (Fang <sup>24</sup> )		
		SUPERIOR	MEDIA	INFERIOR	SUPERIOR	MEDIA	INFERIOR
L1	Berry <sup>9</sup>	45,2	39,5	49,1	M-40,6; F-35,5	M-37,1; F-32,7	M-44,3; F-38,7
	Panjabi <sup>80</sup>	41,2	-	43,3			
	Scoles <sup>92</sup>	38,8	-	-			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	45,89			
L2	Berry <sup>9</sup>	47,7	44,8	54,8	M-42,3; F-37,3	M-38,0; F-33,3	M-45,8; F-40,7
	Panjabi <sup>80</sup>	42,6	-	45,5			
	Scoles <sup>92</sup>	-	-	-			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	47,56			
L3	Berry <sup>9</sup>	49,6	42,3	53,8	M-45,0; F-39,5	M-40,6; F-35,6	M-48,7; F-43,2
	Panjabi <sup>80</sup>	44,1	-	48			
	Scoles <sup>92</sup>	43,5	-	-			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	51,5			
L4	Berry <sup>9</sup>	51,2	40,8	50,9	M-47,1; F-42,0	M-43,1; F-38,6	M-50,8; F-45,8
	Panjabi <sup>80</sup>	46,6	-	49,5			
	Scoles <sup>92</sup>	-	-	-			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	53,09			
L5	Berry <sup>9</sup>	53,4	46,1	52,7	M-50,8; F-46,7	M-46,6; F-42,5	M-55,7; F-52,3
	Panjabi <sup>80</sup>	47,3	-	49,4			
	Scoles <sup>92</sup>	48,6	-	-			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	54,16			

Tabla 60. Masculino (M); femenino (F).

NV	Población Caucásica		Población Oriental	
	Autor	ÁNGULO TRANSVERSO	Autor	ÁNGULO TRANSVERSO
L1	Zindrik <sup>119</sup>	10,9	Cheung	15,97
	Berry <sup>9</sup>	D- 6; I- 9		
	Panjabi <sup>80</sup>	D- 16,5; I- 12,4		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-7; F-5; X-6; TM-nd; TF- nd		
	Scoles <sup>92</sup>	M- 12,3; F- 11,6		
	Iniesta <sup>47</sup>	D-3,92; I-5,29		
L2	Zindrik <sup>119</sup>	12	Cheung	15,91
	Berry <sup>9</sup>	D- 11; I- 12		
	Panjabi <sup>80</sup>	D- 17,1; I- 11,2		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-7; F-6; X-8; TM-9; TF-10		
	Scoles <sup>92</sup>	M- nd; F-nd		
	Iniesta <sup>47</sup>	D- 8,21; I-5,53		
L3	Zindrik <sup>119</sup>	14,4	Cheung	19,19
	Berry <sup>9</sup>	D- 14; I- 14		
	Panjabi <sup>80</sup>	D- 19,8; I- 17,1		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-8; F-7; X-13; TM-11; TF-12		
	Scoles <sup>92</sup>	M- 15,1; F-14,7		
	Iniesta <sup>47</sup>	D- 13,44; I- 9,78		
L4	Zindrik <sup>119</sup>	17,7	Cheung	22,78
	Berry <sup>9</sup>	D- 20; I- 20		
	Panjabi <sup>80</sup>	D- 18,4; I- 14,7		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-11; F-10; X-16; TM-13; TF-13		
	Scoles <sup>92</sup>	M- nd; F-nd		
	Iniesta <sup>47</sup>	D- 21,54; I-23,03		
L5	Zindrik <sup>119</sup>	29,8	Cheung	28,47
	Berry <sup>9</sup>	D- 32; I- 31		
	Panjabi <sup>80</sup>	D- 25,9; I- 23,2		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-17; F-18; X-29; TM-23; TF-23		
	Scoles <sup>92</sup>	M- 24,1; F- 23,1		
	Iniesta <sup>47</sup>	D- 36,22; I-39,52		

Tabla 62. Valores en grados. Derecha (D); izquierda (I); masculino (M); femenino (F); medida realizada sobre placa radiográfica (X); medida realizada sobre imagen de TAC (T), masculino (TM) ó femenino (TF); sin datos (nd).

	<i>IA</i>	<i>Rango medio de Flexión</i>	<i>Rango medio de rotación</i>
<i>L1-L2</i>	25° (15-47)	8° (5)	2° (1-3)
<i>L2-L3</i>	28° (17-51)	10° (2)	2° (1-3)
<i>L3-L4</i>	37° (15-57)	12° (1)	2° (1-3)
<i>L4-L5</i>	48° (13-70)	13° (4)	2° (1-3)
<i>L5-S1</i>	53° (36-70)	9° (6)	1° (0-2)

Tabla 63. Inclinación de las articulaciones interapofisarias en el plano transversal (IA). Grados de movimiento de flexión con desviaciones estándar (tomado de Bogduck <sup>11</sup>), según cuadro modificado de Pearcy). Rangos de movimiento con desviaciones estándar de articulaciones interapofisarias tomados de Panjabi <sup>113</sup>.

	<i>Berry</i> <sup>9</sup>	<i>Altura total articular</i>		<i>AFIM</i>	<i>AFI</i>	
		<i>PT</i>				<i>Scoles</i> <sup>92</sup>
		<i>M</i>	<i>F</i>			
<i>L1</i>	D-47,6; I-47,3	D-53,671; I-53,241	D-50,922; I-51,642	30	22	
<i>L2</i>	D-45,2; I-44,8	D-56,029; I-56,103	D-53,544; I-54,247	-	-	
<i>L3</i>	D-48,0; I-48,6	D-55,406; I-54,798	D-53,867; I-54,624	30,3	23	
<i>L4</i>	D-48,5; I-49,1	D-52,281; I-52,463	D-51,335; I-51,463	-	-	
<i>L5</i>	D-41,5; I-42,2	D-48,308; I-47,917	D-48,465; I-51,547	29,5	21	

Tabla 64. Presente trabajo (PT); altura faceta inferior desde el punto medio del pedículo (AFIM); altura faceta inferior (AFI); derecha (R); izquierda (L); masculino (M); femenino (F).

N.V.	Población Caucásica				Población Oriental			
	Autor	ALTURAS DEL CUERPO			Autor	ALTURAS DEL CUERPO		
		ANTERIOR	MEDIA	POSTERIOR		ANTERIOR	MEDIA	POSTERIOR
L1	Berry <sup>9</sup>	25		25,8	Fang <sup>24</sup>	M-23,4; F-22,8	M-21,3; F-20,4	M-26,6; F-25,2
	Panjabi <sup>80</sup>	-		23,8	Wang <sup>110</sup>	C-23,64; I-23,71	-	-
	Scoles <sup>92</sup>	M-27,4; F-26,4		-				
	Postacchini <sup>85</sup>	IT-26; IN-21		-				
	Hermann <sup>42</sup>	M-31,48; F-31,40	M-32,84; F-31,03	M-36,08; F-33,43				
	PT	M-29,483; F-28,740	M-29,998; F-28,183	M-32,512; F-30,842				
L2	Berry <sup>9</sup>	279		252	Fang <sup>24</sup>	M-24,7; F-24,2	M-22,1; F-20,8	M-26,8; F-25,6
	Panjabi <sup>80</sup>	-		24,3	Wang <sup>110</sup>	C-24,48; I-24,41	-	-
	Scoles <sup>92</sup>	M-27,4; F-27,8		-				
	Postacchini <sup>85</sup>	IT-28; IN-23		-				
	Hermann <sup>42</sup>	M-33,92; F-33,58	M-33,17; F-31,71	M-36,39; F-34,25				
	PT	M-31,171; F-30,626	M-30,548; F-29,315	M-32,321; F-31,381				
L3	Berry <sup>9</sup>	27,4		26	Fang <sup>24</sup>	M-25,5; F-25,1	M-21,9; F-21,1	M-26,3; F-25,1
	Panjabi <sup>80</sup>	-		23,8	Wang <sup>110</sup>	C-25,64; I-25,33	-	-
	Scoles <sup>92</sup>	M-27,4; F-27,8		-				
	Postacchini <sup>85</sup>	IT-28; IN-23		-				
	Hermann <sup>42</sup>	M-35,35; F-34,70	M-34,01; F-32,13	M-36,16; F-34,40				
	PT	M-31,937; F-31,251	M-32,057; F-30,132	M-32,787; F-31,794				
L4	Berry <sup>9</sup>	26,7		26,4	Fang <sup>24</sup>	M-25,4; F-24,7	M-21,1; F-20,5	M-24,7; F-23,6
	Panjabi <sup>80</sup>	-		24,1	Wang <sup>110</sup>	C-25,48; I-25,29	-	-
	Scoles <sup>92</sup>	M-NO; F-NO		-				
	Postacchini <sup>85</sup>	IT-28; IN-23		-				
	Hermann <sup>42</sup>	M-35,59; F-35,12	M-34,21; F-32,71	M-35,24; F-33,21				
	PT	M-32,440; F-32,348	M-33,737; F-31,979	M-31,506; F-31,686				
L5	Berry <sup>9</sup>	287		231	Fang <sup>24</sup>	M-25,8; F-24,7	M-20,2; F-19,4	M-22,5; F-21,6
	Panjabi <sup>80</sup>	-		229	Wang <sup>110</sup>	C-25,86; I-25,50	-	-
	Scoles <sup>92</sup>	IT-30; IN-24		-				
	Postacchini <sup>85</sup>	M-36,40; F-35,19	M-34,66; F-32,22	M-32,53; F-30,67				
	Hermann <sup>42</sup>	M-32,986; F-32,209	M-32,503; F-31,635	M-30,007; F-29,890				

Tabla 65. La variable medida por *altura anterior del cuerpo vertebral* para Scoles<sup>92</sup> la hemos asimilado a esta medida, pero en su trabajo dicha variable no se define claramente. Derecha (D); izquierda (I); masculino (M); femenino (F); medidas obtenidas en población de origen italiano (IT); medidas obtenidas en población de origen Indú (Asiática) (IN); presente trabajo (PT).

N.V.	Autor	Población Caucásica			Población Oriental		
		LONGITUDES DEL CUERPO			LONGITUDES DEL CUERPO (Fang <sup>24</sup> )		
		SUPERIOR	MEDIA	INFERIOR	SUPERIOR	MEDIA	INFERIOR
L1	Berry <sup>9</sup>	31,9	28,9	32,3	M-30,9; F-26,2	M-28,9; F-24,8	M-31,6; F-27,4
	Gilad <sup>34</sup>	33,5	-	34,1			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	30,7			
	PT	M-33,824; F-32,187	M-32,480; F-29,719	M-33,745; F-31,621			
L2	Berry <sup>9</sup>	33,3	29,9	33,4	M-31,8; F-27,4	M-29,6; F-25,8	M-32,2; F-28,2
	Gilad <sup>34</sup>	34,4	-	34,7			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	31,7			
	PT	M-33,792; F-32,310	M-32,302; F-30,052	M-33,523; F-31,217			
L3	Berry <sup>9</sup>	33,9	31,6	34,2	M-32,4; F-28,8	M-30,7; F-27,1	M-33,0; F-29,2
	Gilad <sup>34</sup>	34,4	-	34,7			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	34,1			
	PT	M-35,044; F-32,232	M-33,206; F-30,894	M-33,491; F-31,787			
L4	Berry <sup>9</sup>	34,9	32,5	35,6	M-33,2; F-29,2	M-31,2; F-27,4	M-33,4; F-29,5
	Gilad <sup>34</sup>	34,3	-	34,9			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	34,8			
	PT	M-34,617; F-33,309	M-32,991; F-31,510	M-32,247; F-29,60			
L5	Berry <sup>9</sup>	35,1	32,4	34,5	M-33,2; F-29,4	M-31,0; F-27,3	M-32,3; F-28,7
	Gilad <sup>34</sup>	34,2	-	33,9			
	Iniesta <sup>47</sup>	-	-	34,1			
	PT	M-34,359; F-32,416	M-32,434; F-30,677	M-24,981; F-27,144			

Tabla 66. Del trabajo de Iniesta<sup>47</sup> hemos seleccionado como comparable únicamente la variable denominada como clave D<sub>e</sub> (profundidad del cuerpo vertebral), refiriendo la profundidad al punto más anterior de la vértebra como en nuestro trabajo. Por las características de dicho trabajo de referencia la única longitud aportada es la del platillo inferior. Masculino (M); Femenino (F).

Inclinación de la epífisis inferior	Berry <sup>9</sup>	Panjabi <sup>80</sup>		PT	
	Superior	Superior	Inferior	Inferior	
				M	F
L1	21	2,7	4	-2,78	-4,21
L2	14	3,5	2,1	-1,04	-1,54
L3	17	1,7	2,7	1,868	-1,03
L4	14	4,7	2,7	3,746	5,314
L5	20	2,2	1,8	10,72	11,38

Tabla 67. Valores de los ángulos en grados para todos los autores. Presente trabajo (PT); masculino (M); femenino (F).

		PT				Mirkovic <sup>70</sup>	
		Máxima altura		Máxima anchura		D1 (altura)	
		D	I	D	I		
L1	M	10,83	11,35	16,1	14	L2-L3	10,9
	F	10,89	11,87	17,43	15,05		
L2	M	11,83	11,72	14,91	15,08	L3-L4	11,7
	F	12,15	11,78	15,51	14,94		
L3	M	12,6	12,47	16	16,04	L4-L5	12,4
	F	12,88	12,78	14,74	16,39		
L4	M	13,69	13,3	18,59	17,82	L5-S1	14
	F	12,57	13,25	16	19,72		
L5	M	12,47	12,34	22,6	23,52		
	F	12,29	11,39	20,92	20,9		

Tabla 68. Valores en mm. Lado derecho (D) e izquierdo (I); masculino (M); femenino (F); presente trabajo (PT); altura del agujero de conjunción (D1).

NV	Población Caucásica		Población Oriental	
	Autor	DIÁMETRO SAGITAL	Autor	DIÁMETRO SAGITAL
L1	Zindrik <sup>119</sup>	15,4	R. Hu <sup>44</sup>	M-15,9; F-15,5; A-15,8
	Berry <sup>9</sup>	R-15,6; L-15,6		
	Panjabi <sup>80</sup>	R-15,9; L-15,8		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-17,0; F-15,3; C-16,4; X-18,2; TM-16,7; TF-15,4		
	Scoles <sup>92</sup>	M-15,3; F-14,5		
	PT	D/M-18,789; D/F-17,675; I/M-18,513; I/F-18,099		
L2	Zindrik <sup>119</sup>	15	R. Hu <sup>44</sup>	M-15,4; F-14,7; A-15,1
	Berry <sup>9</sup>	R-15,4; L-15,2		
	Panjabi <sup>80</sup>	R-15,0; L-14,9		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-16,0; F-15,3; C-15,4; X-17,2; TM-16,8; TF-15,1		
	Scoles <sup>92</sup>	M- nd; F-nd		
	PT	D/M-17,723; D/F-16,322; I/M-17,651; I/F-16,705		
L3	Zindrik <sup>119</sup>	14,9	R. Hu <sup>44</sup>	M-15,3; F-14,3; A-14,7
	Berry <sup>9</sup>	R-14,6; L-14,3		
	Panjabi <sup>80</sup>	R-14,2; L-14,6		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-16,1; F-15,0; C-15,4; X-16,9; TM-17,2; TF-15,0		
	Scoles <sup>92</sup>	M-14,1; F-14,0		
	PT	D/M-17,340; D/F-16,561; I/M-17,879; I/F-16,777		
L4	Zindrik <sup>119</sup>	14,8	R. Hu <sup>44</sup>	M-15,3; F-14,5; A-15,0
	Berry <sup>9</sup>	R-13,0; L-13,2		
	Panjabi <sup>80</sup>	R-15,7; L-15,2		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-16,4; F-14,9; C-15,4; X-15,6; TM-16,3; TF-14,2		
	Scoles <sup>92</sup>	M- nd; F-nd		
	PT	D/M-16,694; D/F-15,789; I/M-17,436; I/F-16,184		
L5	Zindrik <sup>119</sup>	14	R. Hu <sup>44</sup>	M-20,5; F-18,7; A- 19,8
	Berry <sup>9</sup>	R-13,8; L-13,6		
	Panjabi <sup>80</sup>	R-19,6; L-19,5		
	Olsewki <sup>77</sup>	M-17,4; F-16,2; C-16,2; X-13,8; TM-14,8; TF-13,2		
	Scoles <sup>92</sup>	M-16,2; F-18,5		
	PT	D/M-17,018; D/F-16,649; I/M-18,838; I/F-18,332		

Tabla 69. Valores en mm. Derecha (R); izquierda (L); masculino (M); femenino (F); medida sobre vértebra de cadáver (valor acumulativo masculino y femenino) (C); medida sobre radiografía (X); medida sobre TAC (T); masculino (TM) ó femenino (TF); sin datos (nd).

Nivel		L1	L2	L3	L4	L5
Autór		<b>Longitud (transpedicular)</b>				
<i>Iniesta</i> <sup>47</sup>	D	51,08	51,37	53,05	49,73	42,39
	I	50,48	51,93	52,63	48,72	40,02
PT	D	M-48,517; F-46,873	M-49,230; F-45,577	M-50,165; F-46,539	M-48,358; F-46,695	M-46,979; F-45,354
	I	M-48,899; F-45,458	M-50,435; F-45,910	M-50,276; F-47,812	M-49,071; F-46,956	M-46,367; F-45,883
		<b>Longitud total vertebral</b>				
<i>Berry</i> <sup>9</sup>		79,9	85	85,6	83,4	74,1
<i>Gilad</i> <sup>33</sup>		80,9	84,6	85,2	83,3	77,4
<i>Iniesta</i> <sup>47</sup>		77,8	82,1	85,89	84,12	76,51
PT		M-79,052; F-77,293	M-80,846; F-80,383	M-84,647; F-85,593	M-83,030; F-80,764	M-79,225; F-76,623
		<b>Longitud proceso espinoso</b>				
<i>Panjabi</i> <sup>79</sup>		67,7	71,7	44,1	70,1	63,3
<i>Iniesta</i> <sup>47*</sup>		31,08	34,32	36,87	34,24	26,93
PT		M-66,945 F-63,662	M-70,422 F-67,096	M-71,977 F-69,950	M-69,873 F-68,334	M-67,375 F-65,998

Tabla 70. Lado derecho (D); lado izquierdo (I); masculino (M); femenino (F); presente trabajo (PT). \*Para Iniesta<sup>47</sup> la variable solo representa la profundidad sagital del proceso espinoso, desde la parte más distal del proceso espinoso hasta la parte posterior del agujero vertebral. La longitud para Panjabi<sup>79</sup> y el PT representan una variable comparable.

