



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autora

abengoa63@gmail.com

Director

Facultad de Veterinaria

Índice

1.	Resumen / Summary.....	2
2.	Introducción.....	4
2.1.	Revisión bibliográfica.....	6
3.	Justificación y objetivos.....	8
4.	Metodología.....	9
4.1.	Fase 1: Conceptualización teórica del funcionamiento de la columna vertebral.....	10
4.2.	Fase 2: Modelización.....	12
4.3.	Fase 3: Desarrollo de una herramienta de medida que permita aplicar el modelo a los casos de estudio.....	12
4.4.	Fase 4: Obtención de imágenes radiográficas de animales sanos y lesionados.....	14
4.4.1.	Mediciones con la herramienta de modelado.....	14
4.5.	Fase 5: Datos obtenidos de las mediciones y modelado.....	15
4.6.	Fase 6: Análisis estadístico descriptivo realizado sobre animales sanos y lesionados..	16
4.7.	Fase 7: Análisis estadístico de los datos procedentes de animales sanos para concretar el modelo de referencia.....	18
4.7.1.	Análisis estadístico de los datos procedentes de animales lesionados.....	20
4.8.	Fase 8: Análisis factorial.....	20
5.	Resultados y discusión, comparativa entre animales sanos y con lesión.....	22
6.	Conclusiones sobre la viabilidad del modelo desarrollado.....	24
7.	Aportaciones en materia de aprendizaje.....	26
8.	Bibliografía.....	27
9.	Anexos.....	29

1. Resumen

En este trabajo se ha abordado un análisis morfomecánico de las regiones vertebrales torácica y lumbar, del perro (*Canis lupus familiaris*).

La morfología de la columna vertebral y las vértebras, están adaptadas tanto a su funcionamiento estático como al dinámico; y recíprocamente, son limitantes para su funcionamiento.

Partiendo de esas consideraciones, alteraciones morfológicas en esta región, son causas y manifestación de patologías y limitaciones funcionales, por lo que adecuadamente detectadas, son una opción para hacer diagnósticos de estos problemas.

Usando la información anatómico-radiológica de las regiones torácica y lumbar de la columna vertebral, cuando el animal está en posición estática, en este trabajo se ha desarrollado una herramienta informática que permite tomar fácil y rápidamente, medidas de las apófisis espinosas de las vértebras. Con estas medidas se ha hecho un modelo de referencia de la columna tóraco-lumbar sana del perro.

Modelo cuya validez se ha contrastado, mediante herramientas estadísticas, con las medidas de algunos casos con patologías vertebrales de esas regiones.

Los resultados obtenidos, por limitados en la muestra patológica disponible, no permiten su generalización. Pero apoyan el seguir investigando con la metodología seguida, como vía para ampliar las actuales herramientas de diagnóstico por imagen basadas en radiografías.

1. Summary

In this project we have approached the morphomechanical analysis of the vertebral, thoracic and lumbar regions of the dog (*Canis lupus familiaris*). The morphology of the vertebral column and vertebrae are conditioned by static and dynamic functioning, which in turn determine its functioning.

In this way, morphological alterations in this region are the origin of the pathologies and functional limitations, so if properly detected, they are an option to diagnose these problems.

Using the anatomic-radiological information of the thoracic and lumbar regions of the spine, with the animal in a static position, in this work we have developed a computer tool that allows easy and quick measurements of the spinous processes of the vertebrae. With these measures, a reference model of the healthy thoracic-lumbar spine of the dog has been made.

Using statistical tools we have contrasted the validity of the model, with the measures of some clinical cases with vertebral pathologies in those regions.

The results obtained, limited by the available pathological sample, do not allow its generalization. But they support continuing to investigate with the methodology followed, as a way to expand current diagnostic imaging tools based on radiographs.

2. Introducción

En este proyecto intentamos establecer un patrón de referencia de la columna vertebral de los perros (*Canis lupus familiaris*) sanos, independientemente de su tamaño, longitud y peso, utilizando las medidas de los ángulos y longitudes de las apófisis espinosas. Para ello hay que desarrollar una herramienta con la que hacer las mediciones y que una vez establecidas las medidas normales, estas nos sirvan para detectar lesiones en la columna vertebral, algunas no detectables mediante el actual diagnóstico por imagen.

La anatomía de un vertebrado como es el perro, se organiza alrededor de la columna vertebral, y condiciona sus prestaciones estáticas y dinámicas.

Los movimientos de la columna vertebral se generan en varios músculos que se anclan en las vértebras. Unos son de trayecto corto (espinal, rotadores), y otros recorren gran parte de su longitud (longísimo, iliocostal).

Las vértebras, componentes óseos de la columna vertebral, presentan variaciones morfológicas, que se interpretan como adaptaciones estructurales a la biomecánica de su función.

Una parte destacable de las vértebras es su apófisis espinosa, cuyos cambios morfológicos son tan notables, que se emplean para identificar visualmente la región corporal en donde está situada. Funcionalmente son palancas para los músculos que se fijan en ellas, dependiendo de la longitud y la orientación de la apófisis donde se fijan.

Dos son las modificaciones más relevantes que muestran las apófisis espinosas de las vértebras: su inclinación respecto a la horizontal, y su longitud. Ya que a partir de estas se cuantifica el momento de giro.

El enfoque biomecánico aquí usado, permite cuantificar estas fuerzas a partir de la morfología vertebral, de manera que la inclinación de cada apófisis espinosa, servirá como representación de la resultante de las fuerzas musculares antagonistas, que actúan sobre ella; y su longitud, el brazo de palanca preciso para optimizar su función.

Para facilitar las mediciones emplearemos un programa desarrollado para este trabajo, mediante las herramientas de GeoGebra®. Con él y sobre las radiografías, se establecen unos puntos de coordenadas, un eje horizontal y un arco que nos servirán para tomar las medidas de longitudes y ángulos de las apófisis espinosas, así como la longitud de todo el arco cifótico tóraco-lumbar.

Con la herramienta informática desarrollada, se medirán las vértebras desde sus radiografías, automatizándose ciertos cálculos, que debidamente normalizados se utilizarán para hacer inferencias estadísticas.

El análisis estadístico, se centrará en la búsqueda de uniformidades y variaciones entre las medidas obtenidas de todos los perros 30 de la muestra (27 sanos y 3 con patología de la columna), al menos treinta para tener una base representativa [1], [2]. Todo ello destinado a discutir si es posible trasladar esta metodología para utilizarla como diagnóstico.

2.1. Revisión bibliográfica

La columna vertebral está formada por huesos llamados vértebras. Forman una cadena de huesos impares, medios e irregulares, que van desde la cabeza hasta el rabo. La columna vertebral se divide en cinco regiones: cervical, torácica, lumbar, sacras y caudal. La primera vértebra torácica o lumbar que tiene su proceso espinoso perpendicular al cuerpo, se llama anticlinal y todas las espinas de las vértebras anteriores están inclinadas caudalmente. Las vértebras están formadas por cuerpo, arco y apófisis y en cada región poseen características que permiten diferenciarlas. Las apófisis espinosas se proyectan dorsalmente desde la parte media del arco. Son muy variables en cuanto a dimensiones, forma y dirección en las distintas vértebras. En ellas se insertan músculos y ligamentos. [3]

Las vértebras torácicas y lumbares que vamos a medir en este trabajo, comparten con otros huesos, la capacidad de auto-reparación, y la de remodelación; gracias al trabajo de mantenimiento efectuado por osteoblastos y osteoclastos [4].

La morfología y estructura ósea, al igual que otras estructuras biológicas, se adapta a las exigencias mecánicas a que se ve sometido. [5]

Tanto los problemas de la columna vertebral, como la degeneración de los discos intervertebrales, acompañan a defectos estructurales que tienen consecuencias directas sobre la biomecánica, y generan dolor. [6]

Estos defectos en la vértebra y en los discos intervertebrales, tienen necesariamente, impacto en la función correcta del sistema que forma la columna vertebral; encadenando la retroalimentación entre: dolor, déficit funcional y degeneración de los discos intervertebrales. [7] Por esto es deseable una detección precoz de problemas estructurales ya que pueden ser causa de problemas como los mencionados, que se hacen crónicos y tributarios de soluciones meramente paliativas, desembocando en la cirugía cuando bloquean un mínimo funcional [8], [9].

Estudios previos [10] muestran que las razas grandes son especialmente susceptibles a patologías en la zona cervical, debido al amplio movimiento generado por la cabeza respecto a la base de la espina. Lo que ejemplifica lo que puede ocurrir en las regiones aquí estudiadas, cuyos datos pueden obtenerse directamente o secundariamente a exploraciones radiológicas de tórax y abdomen.

En razas de tamaño medio o pequeño, las lesiones vertebrales más recurrentes, y/o más frecuentes se localizan entre T9-L7 [11]. Y hay estudios que afirman que ese segmento se caracteriza por un aumento de las curvas de momento de resistencia y soporta mayores cargas de flexión, estudios realizados mediante DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry). En perros el 58% de las lesiones ocurren entre la T3 y la L3 (49% en gatos). [11]

Las fuerzas responsables de la fractura y luxación de las vértebras son: flexión y extensión, torsión o rotación, compresión, y el movimiento en cizalla con o sin torsión. Y el momento de resistencia, representa las fuerzas inherentes de la columna, con las que ofrece resistencia a la flexión y extensión a la que está sometida [12].

Ya disponemos [13] de una curva que representa gráficamente el momento de resistencia de la columna vertebral del perro: “ligera elevación a la altura del cuello entre C2-C6, seguido por un descenso en el segmento torácico anterior C7-T5, sin cambios entre T6- T9, gran ascenso entre T10-L3 y termina con un ligero descenso L4-L5. Esta grafica está calculada sin tener en cuenta el peso, el sexo, la raza, la edad ni el estado de salud de los perros”. [13]

Según este estudio preliminar es posible relacionar el momento de resistencia de la columna de los perros y la frecuencia de traumas y lesiones [11], y sin que se detectan diferencias significativas derivadas de: la morfología del perro, la raza, el sexo, la edad y la densidad ósea de las vértebras a lo largo de la columna.

La metodología seguida en este proyecto ha consistido en:

- Revisión bibliográfica como base para el proyecto.
- Desarrollar una herramienta para medir las apófisis espinosas de las vértebras torácicas y lumbares, y calcular las fuerzas que sobre ellas se ejercen.
- Obtener radiografías de perros sanos y alguna de perros con lesiones en la columna vertebral.
- Llevar a cabo las mediciones con la herramienta desarrollada.
- Realizar un estudio estadístico para desarrollar un modelo de normalidad y para buscar diferencias entre sanos y enfermos.
- Discusión de los resultados y conclusiones.

3. Justificación y objetivos

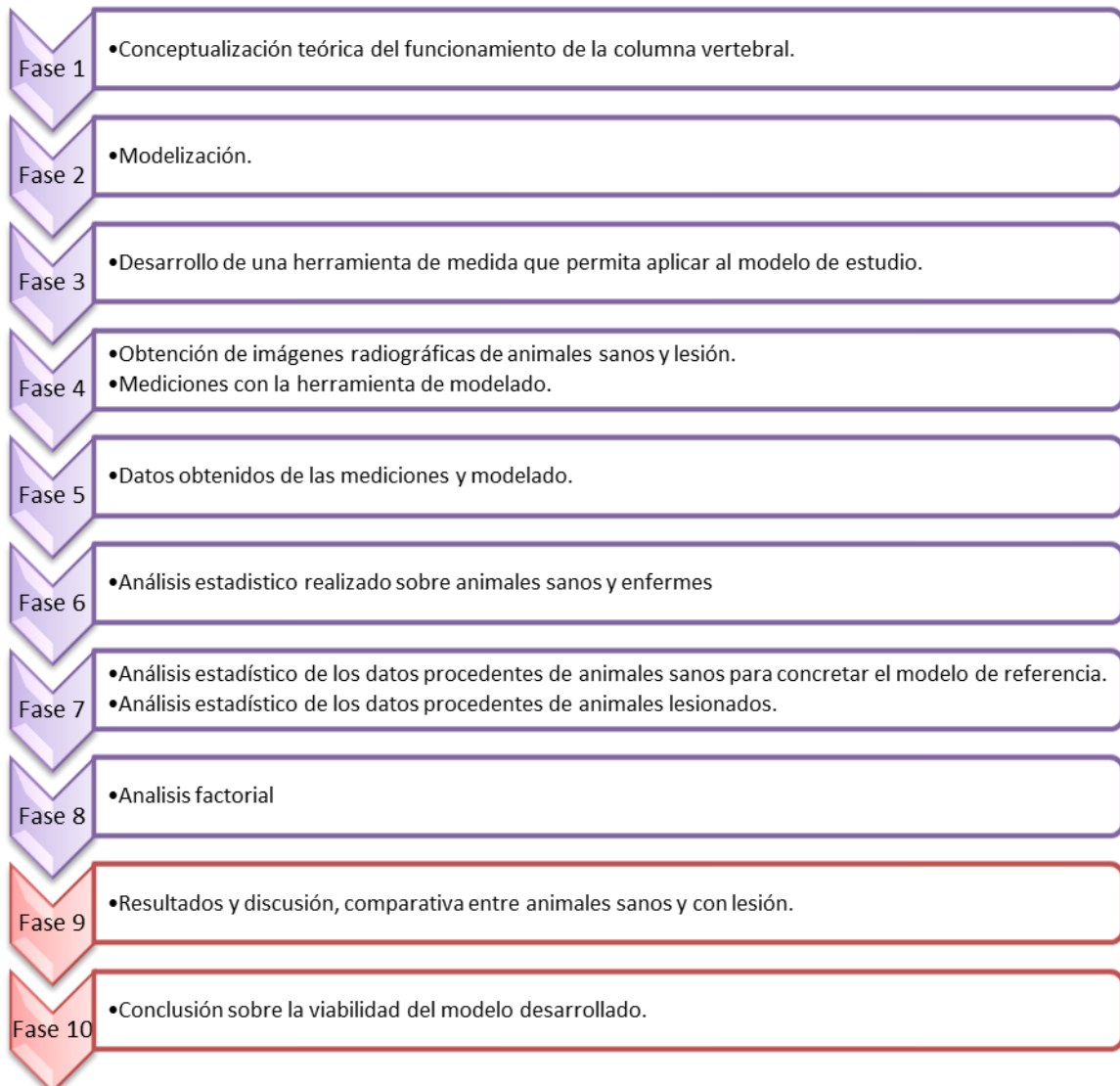
Lo expuesto en el apartado anterior fundamentan el enfoque biomecánico para un acercamiento clínico a problemas de la columna vertebral.

Por otra parte las cada vez más frecuentes herramientas informáticas incorporadas al trabajo clínico, deben refinarse y desarrollarse para sacar el mayor partido al instrumental y complementar otras áreas como la del diagnóstico por imagen. Actualmente para el diagnóstico de patologías de la columna vertebral además de las radiografías, se pueden utilizar, la resonancia magnética (RM), la tomografía axial computerizada (TAC), radiografías + mielografía. En la veterinaria la RM y el TAC no siempre son accesibles, son métodos más caros que no están disponibles en muchas clínicas, por lo que sería muy beneficioso ampliar la capacidad de las radiografías para detectar las patologías. [14]

Dentro de este marco conceptual este trabajo experimental, conlleva plantear un primer modelo que ayude a la detección, mediante análisis de imagen, de alteraciones morfológicas no conspicuas, en las regiones torácica y lumbar de la columna vertebral del perro (*Canis lupus familiaris*). De manera que sintéticamente los objetivos son:

- Formalizar una apreciación cuantitativa de la biomecánica normal de la columna para comparar casos sanos de los lesionados.
- Desarrollar una herramienta informática, que facilite la toma de medidas sobre radiografías de la columna vertebral.
- Valorar el modelo y la herramienta desarrollada, por su capacidad de detectar lesiones en radiografías de la columna toracolumbar.

4. Metodología



La función estática más importante del eje corporal (columna vertebral, ligamentos y músculos espinales epiaxiales e hipoaxiales) es mantener las curvaturas apropiadas a la postura (cifosis, lordosis, y escoliosis), colaborando con otros músculos, como los abdominales.

Los mismos elementos intervienen en la dinámica corporal que afecta a la columna vertebral.

En la mecánica que estas situaciones generan sobre la columna vertebral, destaca morfológica y funcionalmente, el papel que juegan las apófisis espinosas de las vértebras. Partes prominentes de esos huesos, fácilmente identificables en radiografías, y con notables modificaciones regionales, respecto a su longitud y angulación; especialmente en las regiones torácica y lumbar.

Las apófisis espinosas de las vértebras, son brazos de palanca para los músculos que allí se fijan. La actuación sobre dichos brazos de palanca genera giros en las articulaciones vertebrales, salvo que las fuerzas implicadas queden compensadas por fenómenos de antagonismo muscular.

La capacidad de movimiento, generado por las apófisis espinosas dependerá de la longitud y orientación de dicha apófisis.

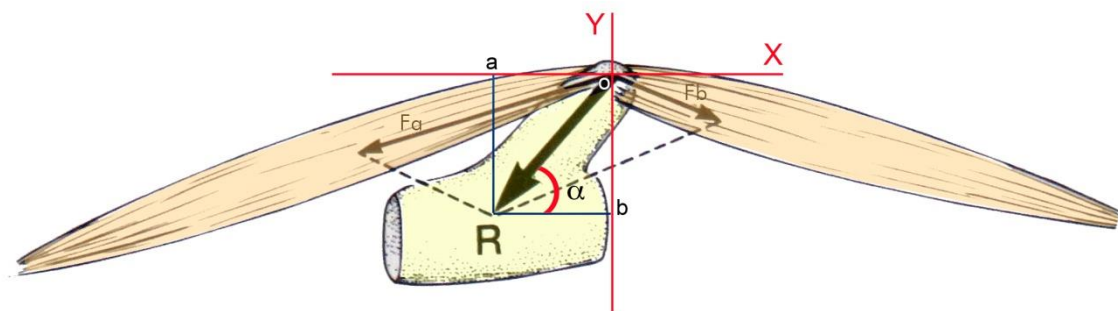


Ilustración 1: Esquema simplificado de las fuerzas sobre la apófisis espinosa (F_a y F_b) que dan como resultado R con ángulo α . [15]

En el esquema anterior se representa la acción de las fuerzas sobre la apófisis espinosa de una vértebra tipo. Por claridad se han reunido las fuerzas de actuación, craneales y caudales, como si sólo procediese de un músculo.

El equilibrio se consigue cuando la suma de fuerzas F_a con F_b , mostrada por su resultante R , está soportada por la estructura y orientación de la apófisis espinosa. Las propiedades vectoriales de R , permiten su descomposición en dos componentes dentro de un sistema cartesiano de coordenadas. El ángulo α , el ángulo de la apófisis espinosa, del vector R , es el resultado de las fuerzas F_a y F_b ejercidas por los músculos.

Es decir, a partir del ángulo de la apófisis espinosa, respecto al cuerpo de la vértebra, y la longitud de la apófisis espinosa, podemos calcular las fuerzas. Por eso estas son las mediciones que nos interesa obtener a partir de las radiografías.

Además R representa la fuerza que soporta la vértebra, que depende también del peso corporal del animal y se reparte por la columna torácica y lumbar de forma equitativa para cada vértebra. Según fuentes consultadas, a la columna vertebral le corresponde soportar un 40% del peso corporal y se reparte de forma homogénea entre las 27 vértebras de la columna (7 cervicales, 13 torácicas y 7 lumbares). [3]). Dependiendo la longitud de la apófisis soportan una fuerza diferente.

- Las apófisis más cortas soportan fuerzas menores.
- Las de mayor longitud, fuerzas mayores.

La fuerza resultante que soportan depende de situaciones distintas a la usada en este trabajo, que es la del animal sedente, es decir, en pie y reposo. Las otras situaciones posibles: marcha, paso, ambladura, carrera, salto, giro, etc., también son estructuralmente soportadas, pero no se plantean en este trabajo.

Según el esquema de fuerzas actuantes, la influencia del valor del ángulo de la apófisis espinosa, trigonométricamente puede inferirse que conforme su valor aumenta, su seno también lo hace, mientras el coseno disminuye. Y al revés.

Es decir, al aumentar el ángulo α , el valor del componente vectorial horizontal disminuye, y el componente vertical aumenta.

Y respecto a la influencia del valor de la longitud de la apófisis espinosa, conforme su valor aumenta, también lo hará el ángulo que forma F_a con el eje x . Lo contrario ocurre con el que forma F_b con el eje x .

Los efectos que sobre ellos tienen el aplicar las funciones seno y coseno, son los mismos que antes se han descrito. Por lo tanto, conforme d (longitud de la apófisis) aumente, la fuerza F_a en x disminuye, mientras aumenta F_b en x . Paralelamente también cambiarán los componentes y de las fuerzas, y de manera inversa, consiguiéndose el equilibrio de su resultante.

La magnitud sobre la que es posible formalizar la cuantificación de la posición de las vértebras, tanto estática como dinámicamente, es su posibilidad de momento de giro. Que para las vértebras quedará condicionado por la longitud de la apófisis espinosa, y su ángulo de inclinación.

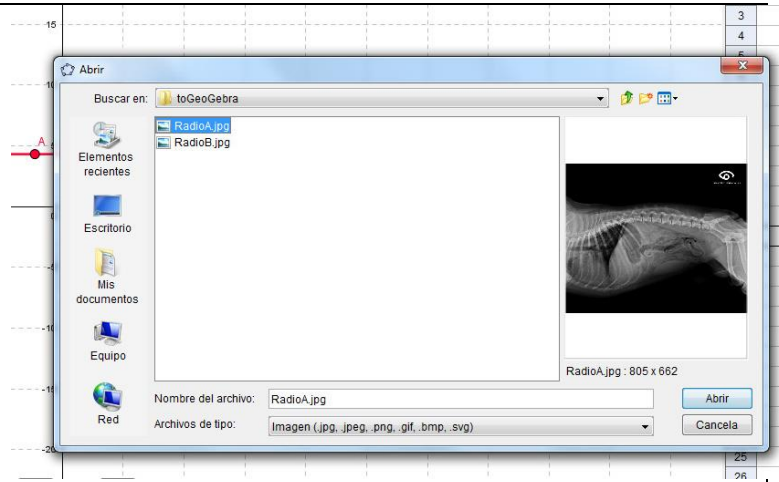
La complejidad de cualquier parcela de la biología, hoy resulta inabarcable, por lo que su formalización en modelos requiere simplificaciones. En el modelo planteado para de este trabajo se hacen las siguientes:

- El peso se reparte por igual entre todas las vértebras torácicas y lumbares.
- Todas las vértebras tienen cuerpos de igual longitud. Dividiendo la longitud toracolumbar entre el número total de vértebras.
- No hay curvaturas de la columna: cifosis, lordosis, escoliosis.
- Los orígenes de las fuerzas de los músculos simplificados, como aparecen en la figura anterior, están siempre a la misma distancia de cualquier vértebra considerada y no cambian con su contracción o relajación y se ejercen únicamente sobre el extremo de las apófisis espinosas.
- En no todas las vértebras se fijan los mismos músculos, pero se agruparán por su función sobre las apófisis espinosas.
- Trabajar en dos dimensiones.
- Simplificar las fuerzas a las que están sometidas las vértebras como una en dirección craneal y la otra hacia caudal.
- Considerar únicamente la posición decúbito lateral.

Con el programa GeoGebra [16] gracias a sus prestaciones geométricas y algebraicas, se ha desarrollado para este trabajo, una herramienta gráfica, donde a partir de líneas móviles y puntos, es posible medir, entre otras cosas, las longitudes y ángulos de las apófisis espinosas de imágenes radiográficas importables.

El protocolo de manejo de la herramienta, se sintetiza en la siguiente tabla:

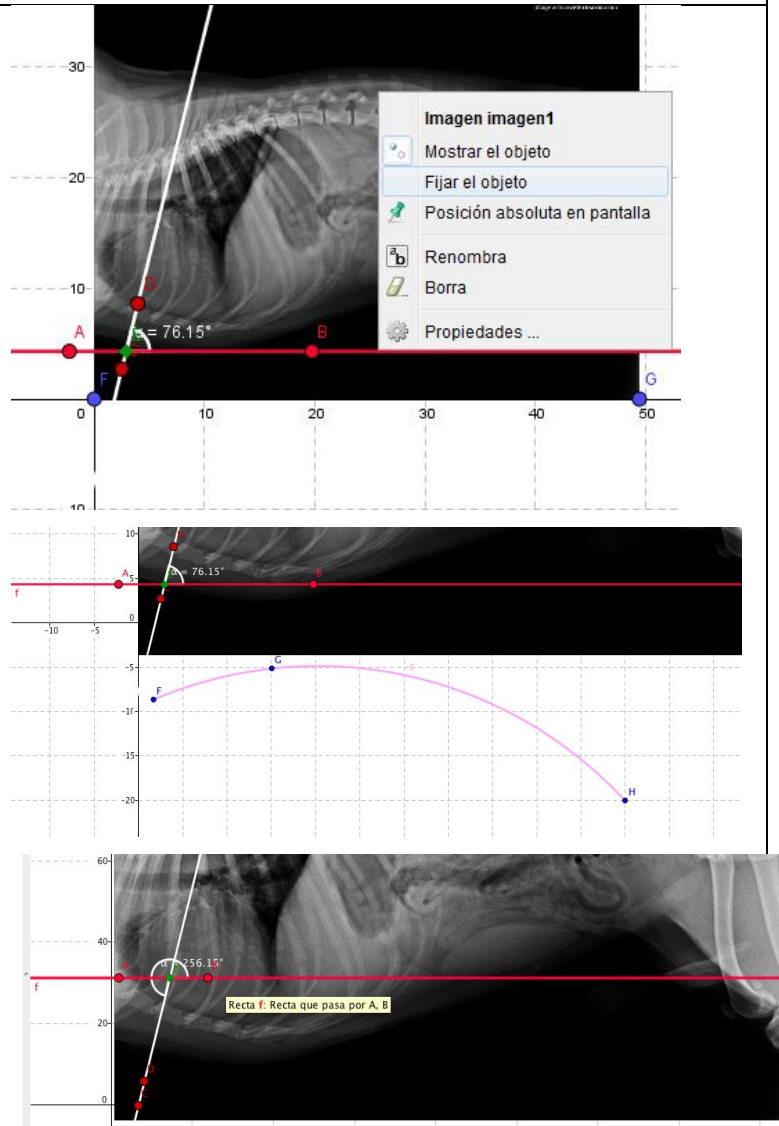
Importar imágenes radiográficas al programa de una en una. Se colocan en el eje de coordenadas como se muestra en la imagen

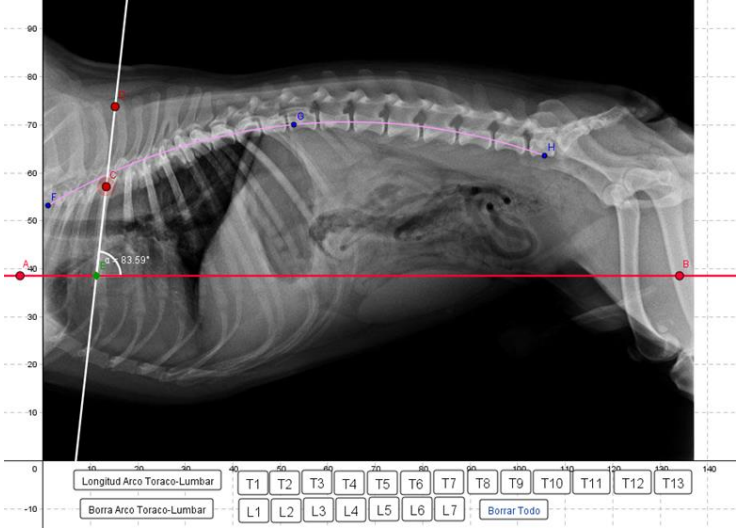
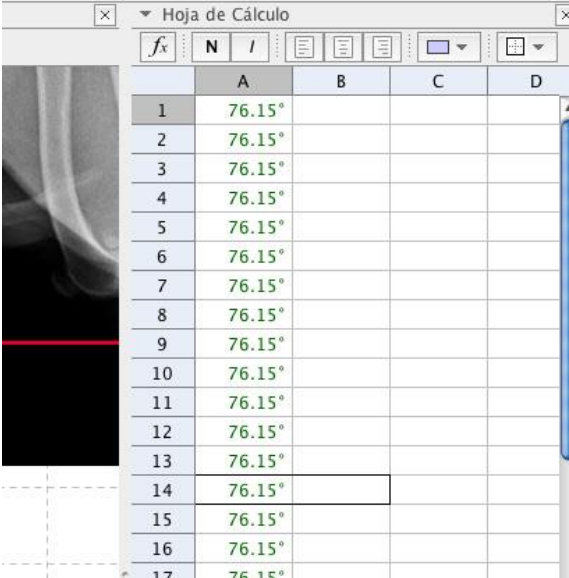


Superponer un sistema de coordenadas móvil, destinado a la medida de:

- Longitud total de la columna tóraco-lumbar. EL punto F en T1, el punto H en L7 y con el punto G ajustamos la cifosis
- Longitud de cada cuerpo vertebral.
- Ángulo que forma la apófisis espinosa con la horizontal.

Para lo que colocamos el punto C en el cuerpo vertebral y D en el extremo de la apófisis



Seleccionar las medidas asociadas, longitud y angulación, de cada vértebra torácica y lumbar presionando los botones correspondientes de cada vértebra.																																																																																											
Acumular de forma ordenada todas las medidas de cada radiografía en una hoja de cálculo, cuyo contenido en formato texto, puede manejarse con otros programas (Excel y SPSS)	 <table><thead><tr><th></th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>11</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>12</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>13</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>14</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>15</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>16</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>17</td><td>76.15°</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>		A	B	C	D	1	76.15°				2	76.15°				3	76.15°				4	76.15°				5	76.15°				6	76.15°				7	76.15°				8	76.15°				9	76.15°				10	76.15°				11	76.15°				12	76.15°				13	76.15°				14	76.15°				15	76.15°				16	76.15°				17	76.15°			
	A	B	C	D																																																																																							
1	76.15°																																																																																										
2	76.15°																																																																																										
3	76.15°																																																																																										
4	76.15°																																																																																										
5	76.15°																																																																																										
6	76.15°																																																																																										
7	76.15°																																																																																										
8	76.15°																																																																																										
9	76.15°																																																																																										
10	76.15°																																																																																										
11	76.15°																																																																																										
12	76.15°																																																																																										
13	76.15°																																																																																										
14	76.15°																																																																																										
15	76.15°																																																																																										
16	76.15°																																																																																										
17	76.15°																																																																																										

Fase 4

- Obtención de imágenes radiográficas de animales sanos y lesionados.
- Mediciones con la herramienta de modelado.

El material en bruto a manejar, son radiografías de perros sanos y lesionados. Las primeras destinadas a preparar la base referencial del modelo. Las segundas para validar su utilidad.

Todas las imágenes radiográficas proceden del Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, al que agradecemos las facilidades proporcionadas para su obtención, en especial a Ana Amaya Unzueta por su ayuda.

Para establecer la referencia normal, se ha dispuesto de las radiografías, de orientación latero-lateral, de 27 perros sin patologías vertebrales. El objetivo inicial de dichas

radiografías era la exploración torácica y/abdominal, apareciendo las vértebras de forma colateral. Por ello, en algunos casos, ha precisado a combinar más de una radiografías en una sola imagen, lo que se hizo con el programa Adobe Photoshop [17] y en algunos casos no ha sido posible medir las últimas vértebras lumbares.

Tenemos tres casos con patologías óseas vertebrales, en estos casos las radiografías sí que van dirigidas a la columna, sus radiografías se manejaron como en el caso de los sanos. Sus problemas eran:

- Pat.1: Hernia en T13-L1.
- Pat.2: Hemivértebra en T8
- Pat.3: Discoespondilosis a lo largo de toda la columna empezando a la altura de T3.



- Datos obtenidos de las mediciones y modelado.

De las radiografías de cada caso disponible descrito en la Fase 4, llevamos a cabo el proceso descrito con la herramienta anteriormente explicada en un apartado anterior (Fase 3) se midió:

- La longitud total del arco tóraco-lumbar. Y con ello la longitud de los cuerpos de las vértebras.
- El ángulo de las apófisis espinosas de las vértebras torácicas y lumbares.
- La longitud de las apófisis espinosas torácicas y lumbares, medido desde la base del cuerpo de cada vértebra.
- La distancia de la base del cuerpo de cada vértebra al eje horizontal para futuras correcciones en la longitud.

La herramienta desarrollada almacena en una hoja de cálculo propia, para cada perro una columna de datos, algunos procedentes de la elaboración automática, como relacionar las medidas con el peso del animal multiplicado por 0.4, que es la proporción del peso total del animal que soporta la columna vertebral [3], por parte de la herramienta, de medidas originales.

Dada la variabilidad morfológica de los perros manejados, además de los datos, específicos para el trabajo, se tomaron otros datos adicionales, destinados a poder normalizar comparaciones; esos datos referentes al tamaño de los animales fueron el peso, la longitud y altura.

Dicha hoja de cálculo del programa GeoGebra se exportaba en un formato manejable por otros programas destinados a su elaboración posterior. Utilizamos el programa Microsoft Excel [18] y guardamos las siguientes hojas:

- Una hoja para cada perro (30 hojas) con los datos adicionales, raza, edad y si tiene alguna patología de la conocida, que nos servirá de referencia y para futuras operaciones.
- Y otra hoja que aúne todos los perros, treinta columnas en total, que será la que utilizaremos para el estudio.



•Análisis estadístico descriptivo realizado sobre animales sanos y lesionados.

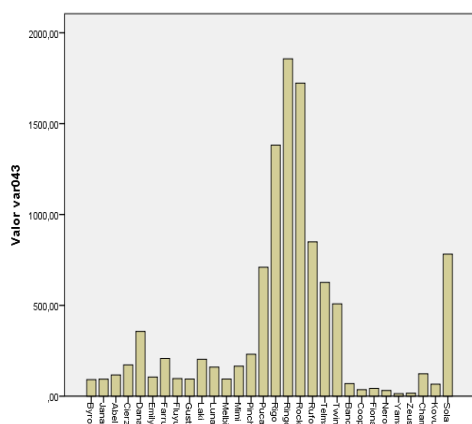
En el modelo cada animal quedará definido por el conjunto de medidas que sobre él se han hecho.

Para hacerlo la hoja de cálculo obtenida con la herramienta informática, se exportaba en un formato manejable por Excel, y desde donde, pueden pasarse al programa de estadística SPSS. [19]

Una primera fase, la descriptiva, efectuada con SPSS, los datos quedan representados gráficamente, separados en cuatro grupos, según el tipo de medida. Operativamente, cada grupo se divide en dos partes (separando las vértebras torácicas de las lumbares). Los grupos son:

- Medidas de los ángulos en animales sin lesiones.
 - Vértebras torácicas. (Variables 001-013)
 - Vértebras lumbares. (Variables 014-020)
- Medidas de las longitudes en animales sin lesiones.
 - Vértebras torácicas. (Variables 021-033)
 - Vértebras lumbares. (Variables 034-040)
- Medidas de los ángulos en animales con lesiones.
 - Vértebras torácicas. (Variables 001-013)
 - Vértebras lumbares. (Variables 014-020)
- Medidas de las longitudes en animales con lesiones.
 - Vértebras torácicas. (Variables 021-033)
 - Vértebras lumbares. (Variables 034-040)

En cada grupo se analizó su: desviación estándar, varianza, error estándar, la media, la moda, la curtosis, error estándar de la curtosis, y un histograma normal [20], [21] para cada una de las variables, que fueron debidamente tabulados para su manejo.



*Gráfica 1:
Que
ejemplifica
mediante la
variable 043
las
diferencias
en las
longitudes
de las
vértebras
torácicas y
lumbares.*

Los datos originales se normalizaron conforme a la longitud del animal original, ya que como vemos en la gráfica 1, hay mucha variabilidad, y es necesario como paso previo a repetir el análisis anterior. Al comparar ambos resultados no modifican la amplitud de los ángulos de inclinación.

Con los datos normalizados, se construyeron tablas para buscar las posibles correlaciones entre las medidas. Las dependencias entre mediciones, se plantearon mediante análisis factorial.

Para ellos también se tuvo en cuenta el peso de los animales (variable 049), que como se puede observar en la Gráfica 2 partimos de animales con pesos muy heterogéneos. Como tampoco hay uniformidad en las longitudes tóraco-lumbares. Todo ello que justifica realizar cálculos con longitudes normalizadas.

Con las tablas de datos finales, se trasladaron los datos para plasmarlos en diferentes diagramas: de círculos, diagrama de áreas, diagrama de barras y hacerlo más visual. Por limitaciones de espacio no se pueden incorporar a esta memoria las 40-50 páginas de resultados, limitándonos a mencionar que así se obtuvieron:

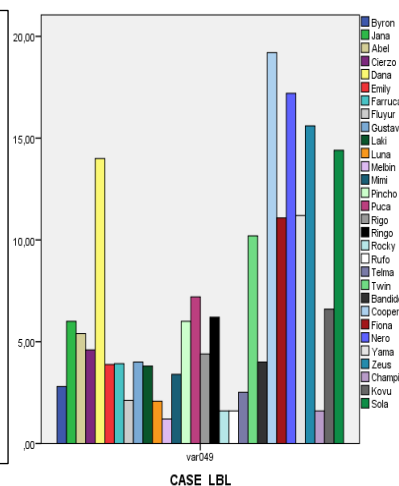
A) Comparación de ángulos de las apófisis espinosas torácicas y lumbares, en perros sin lesiones.

B) Comparación de las longitudes de las apófisis espinosas, con las mediciones normalizadas, en perros sin lesiones.

C) Tablas de correlaciones parciales entre longitudes y ángulos torácicos en perros sin lesiones.

D) Tablas de correlaciones parciales entre longitudes y ángulos lumbares en perros sin lesiones.

*Gráfica 2:
que
representa
la variable
049, el peso
de todos los
perros, y
hace visible
la gran
variabilidad
con la que
trabajamos.*



E) Tablas de correlaciones parciales entre longitudes y ángulos torácicos y lumbares en perros con lesiones.

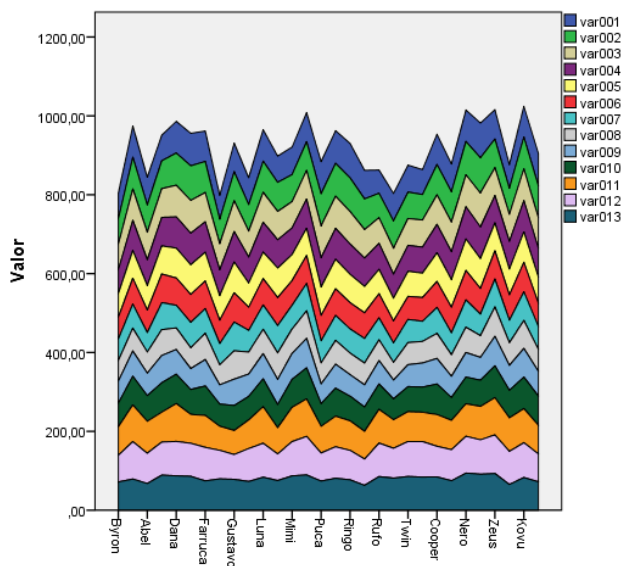
F) Análisis factorial.

Fase 7

- Análisis estadístico de los datos procedentes de animales sanos para concretar el modelo de referencia.

A) Comparación de los ángulos.

En la Gráfica 3 podemos observar que aunque las mediciones de los ángulos son muy

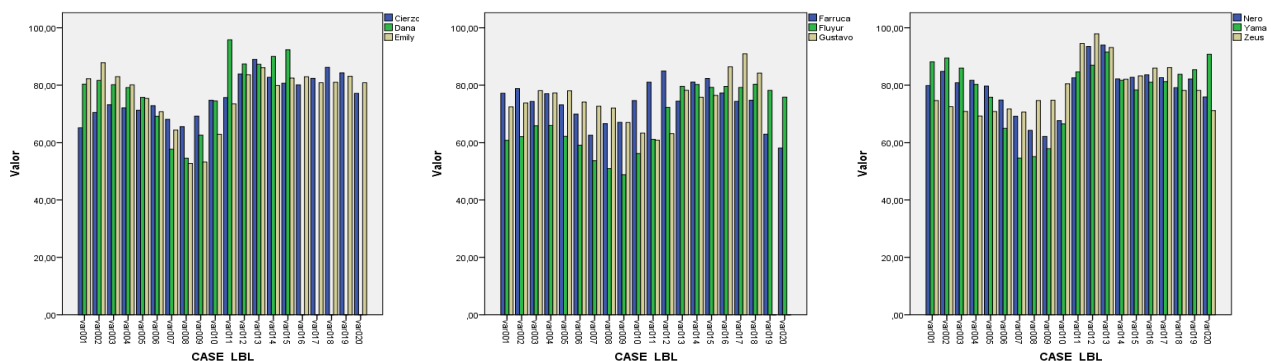


Gráfica 3: que ejemplifica los ángulos de las apófisis espinosas de las vértebras torácicas (variables 001-013) de quince de los perros de los que se tomaron medidas.

diferentes entre los perros, en conjunto todos siguen una distribución común. El cambio de ángulo entre las vértebras es parejo entre los perros que se muestran en esta gráfica.

Hemos obtenido distintas gráficas comparativas para los ángulos pero no son tan representativas, aun así podemos observar que la variación del ángulo en las vértebras consecutivas es parecido en todos los animales. Con intención de ver estas similitudes de forma más clara

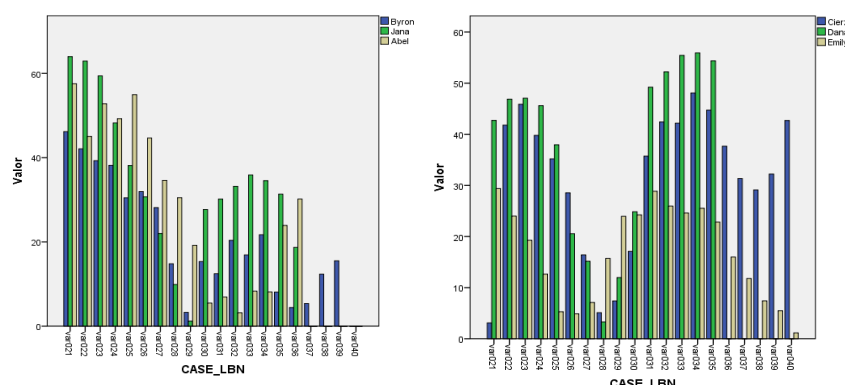
agrupamos en grupos de tres perros y hacemos gráficas de barras para comparar los ángulos de vértebras torácicas y lumbares. En estas gráficas podemos ver como efectivamente, aunque los ángulos no sean iguales, la forma en la que van cambiando los ángulos sí que coincide. Podemos ver (Gráficas 4) como los ángulos aumentan levemente o se mantienen hasta la vértebra T4 (var. 004), disminuye el ángulo hasta las T8-T9 (var. 008-009), después aumenta notablemente hasta L2-L3 (var. 015-016) y al final se mantiene o disminuye levemente.



Gráficas 4: que compara los ángulos de las apófisis espinosas torácicas y lumbares (variables 001-020), en grupos de tres, para facilitar la comparación. Solo perros sin lesiones.

B) Comparación de longitudes de las apófisis.

En el caso de las longitudes hay más variación de tamaño ya que depende del animal pero por lo general también siguen una distribución común. Las primeras apófisis son de mayor tamaño y van disminuyendo hasta la T 10-12 que suele ser la de menor tamaño, después a partir de las lumbares aumentan de tamaño las apófisis. Esta zona es más variable, en algunos individuos las apófisis espinosas de las vértebras lumbares aumentan considerablemente y además hay que tener en cuenta que a la hora de tomar las medidas se mide desde la base del cuerpo de la vértebra, y esta también es de mayor tamaño en la región lumbar. Por lo que es más difícil buscar coincidencias basadas en la longitud aunque sí que puede ser de interés de forma comparativa si las mediciones se hacen todas del mismo modo.



Gráficas 5: Que compara las longitudes de las apófisis torácicas y lumbares (Variables 021-040). Solo perros sanos

C) Correlaciones parciales entre longitudes y ángulos torácicos.

En estas tablas comparamos cada una de las medias de las variables torácicas (Ángulos var. 001-013 y longitudes var. 021- 033) aplicado el procedimiento correlaciones bivariadas, es decir se toma la variable 001 y las compara con el resto, y así sucesivamente y se obtiene la matriz de correlaciones con los coeficientes de significación de cada correlación.

En el caso de los animales sin lesiones hemos podido ver que existen correlaciones parciales significativas. Entre los ángulos, están correlacionados con los siguientes ángulos, podemos ver como la variable 001 tiene correlación con las variables 002, 003, 004 y 005, pero son sucesivamente menos significativas. Todos los ángulos tienen relación con los siguientes y los anteriores aunque sea con uno solo contiguo. También observamos que el número de correlaciones va disminuyendo, comienzan teniendo correlación significativa con las siguientes cuatro variables y según avanza solo son significativas las vértebras contiguas. Esto lo podemos ver en el Anexo 1 donde las correlaciones significativas están resaltadas en rojo.

En el caso de las longitudes ocurre igual, existen correlaciones significativas con las variables contiguas y además no van en disminución. Pero no existe correlación alguna entre ángulos y longitudes.

D) Correlaciones parciales entre longitudes y ángulos lumbares.

En el caso de las lumbares, ocurre de la misma forma tanto entre los ángulos como entre las longitudes. No existen tantas correlaciones significativas entre las variables pero siguen la misma distribución. Y tampoco existe correlación significativa entre ángulos y longitudes. Anexo 2.



- Análisis estadístico de los datos procedentes de animales lesionados.

E) Correlaciones parciales entre longitudes y ángulos torácicos y lumbares en animales con lesiones.

En los casos de animales con lesiones en la columna, al desarrollar las mismas tablas anteriores no se ha encontrado ninguna correlación significativa. No existe correlación significativa entre los ángulos de las apófisis espinosas de vértebras contiguas, ni tampoco entre las longitudes. Lo cual es muy interesante porque las correlaciones anteriores sugerían que los cambios entre las apófisis de las vértebras continuas eran sutiles y progresivos en los animales sanos. En cambio en los animales con lesiones no hay correlaciones, lo que nos lleva a pensar que las vértebras contiguas son menos similares.

Por el contrario hay que tener en cuenta que las tablas de correlaciones parciales para animales sanos, se hacen a partir de la media de un tamaño de muestra mucho más grande que los casos patológicos, que son únicamente tres individuos.

Aun así estos resultados pueden suscitar la sospecha de que los procesos patológicos conlleven un cambio morfológico medible.



- Análisis factorial

El Análisis Factorial es una técnica de reducción de los datos. Su propósito consiste en buscar el número mínimo de factores capaces de explicar el máximo de información contenida en unos datos inicialmente muy extensos, como es nuestro caso. [22] Simplificar la información que nos da una matriz de correlaciones para hacerla más fácilmente interpretable.

Obtenemos una matriz de correlaciones mediante el proceso de correlaciones bivariadas. En base esta tabla obtenemos:

- Índice KMO y la prueba de esfericidad de Barlett.
- Tabla de comunalidades, extraída mediante el análisis de componentes principales. Las comunalidades son estimaciones de la varianza que cada variable tiene en común con las demás.
- Tabla con la varianza total explicada.
- Gráfica de sedimentación.
- Matriz de componente.
- Matriz de componente rotado. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. Cada componente rotado presenta correlaciones sólo con unas cuantas variables
- Matriz de transformación del componente.

Cada uno de estos datos y tablas se obtuvieron (no se muestran para mantener los límites de tamaño exigibles a esta memoria) para las siguientes mediciones:

1. Ángulos de las apófisis torácicas y lumbares de animales sanos.
2. Longitud* de las apófisis torácicas y lumbares de animales sanos.
3. Ángulos de las apófisis torácicas y lumbares de animales con lesión.
4. Longitud* de las apófisis torácicas y lumbares de animales con lesión.
5. Todos los ángulos aunando animales sanos con los lesionados.
6. Todas las longitudes* aunando animales sanos con los lesionados.

*En el caso de las longitudes se hacen tanto con los datos normalizados como con los datos previos.

Los resultados significativos de los análisis anteriores están resumidos en la Fase 9 ya que no todos los resultados son significativos y alargaría innecesariamente el contenido del proyecto.

Algunos de los resultados no son estadísticamente significativos, por lo que destacaremos aquellos que sí que lo son en el orden en el que los hemos ido viendo.

Los **resultados descriptivos** de la muestra, indican que en los animales sin lesiones, los ángulos de las apófisis espinosas de las vértebras torácicas y lumbares tienden a la normalidad. En el caso de animales con lesiones, no se ha encontrado esa tendencia pero tampoco hay datos suficientes como para asegurar la existencia de distribuciones normales.

Al repetir las pruebas **tras la normalización**, no se han encontrado distribuciones normales en las longitudes de las apófisis espinosas de las vértebras torácicas, ni lumbares. Ni en casos sanos ni con lesión.

De las gráficas sacadas de los datos estadísticos descriptivos es posible concluir que:

-Los ángulos torácicos: La variabilidad entre las regiones torácicas observada entre animales, y aportada por sus 13 vértebras torácicas, parece estar aportada de forma uniforme por la adición de los cambios que presentan cada una de las vértebras de esta región. Los animales sin lesiones siguen una distribución de aspecto normal. Los tres animales con lesiones, muestran morfología angular no homogénea.

-Los ángulos lumbares: Llegamos a la misma conclusión que en las torácicas, la variabilidad entre las regiones lumbares se debe a sus 7 vértebras lumbares, es aportada de forma uniforme por cambios que se van acumulando entre cada vértebra contigua en esta región. La variabilidad en las medidas de los ángulos de las vértebras lumbares, sigue una pauta de cambio homogénea en todos los individuos de la muestra, incluidos los animales con lesiones.

-En cuanto a las longitudes llegamos a la misma conclusión, tanto con las longitudes en vértebras torácicas como en las lumbares y tras normalizar los datos, la variabilidad encontrada es menor.

-En las gráficas que muestran las medidas en grupos de tres, las más que evidentes diferencias cuantitativas en las mediciones procedentes de cada una de las 20 vértebras, siguen la misma pauta relativa de cambio. Ocurre de igual manera en sanos y en lesionados.

-En las tablas de correlaciones parciales entre longitudes y ángulos, eliminando la influencia del peso y longitud. Como ya hemos comentado existe correlación de los ángulos y de las longitudes de vértebras y las 2 o 3 topográficas siguientes. Pero no existe correlación alguna entre los ángulos y las longitudes. En los animales con lesión, al igual que en los sanos,

no hay correlación entre ángulos y longitudes, pero tampoco hay correlaciones entre los ángulos, ni entre las longitudes.

Los resultados del **análisis factorial** aportan que tras comprobar mediante las pruebas de KMO y de Barlett, primero: que tiene sentido aplicar el análisis factorial. En los grupos de datos, los resultados, permiten identificar variables subyacentes o factores que explican la configuración de las correlaciones dentro de un conjunto de variables observadas, deduciéndose que:

- Respecto a los ángulos se ha encontrado que sus gráficos de sedimentación aparecen más variables en animales sin lesiones respecto a los lesionados.

- También hay distinto número de variables libres en los respectivos gráficos de sedimentación de las longitudes medidas en animales sin lesiones y con ellas. Tanto cuando los valores están normalizados como cuando no lo están.

Dado que el número de variables o factores sirven para explicar la mayoría de la varianza observada, así como para generar hipótesis causales, se puede concluir, que las lesiones de los animales en la muestra, repercuten en la morfología analizada. Independientemente de la variabilidad morfológica que pueda existir. Diferencias que se ven apoyadas, aunque de forma menos clara, por el análisis de correlaciones hecho.

Luego el análisis morfológico cuantitativo hay pruebas que muestran tener sensibilidad suficiente para objetivar la existencia de lesiones como las incluidas en este estudio.

De todo lo anteriormente detallado en este apartado (Fase 9), es posible resumir que: los resultados son útiles para los objetivos planteados, al detectarse diferencias medibles con la herramienta, en los casos con lesión. Al ser casos previamente diagnosticados mediante otros métodos, en las circunstancias actuales no es posible asegurar si la herramienta y análisis estadístico subsiguiente de las medidas, es más discriminante que los métodos de diagnóstico tradicionales.

Los pocos casos con patologías usados en este trabajo, obligan a ser cautos a la hora de asegurar la fiabilidad del método, para detectar las patologías donde aplicarlo. Tal y como se indicó en el planteamiento inicial ha sido una primera aproximación, que deja abierta la posibilidad de estudios posteriores más extensos.

1. El análisis realizado muestra tener potencialidad suficiente para diferenciar individuos con lesiones, pese a las diferencias morfológicas, inevitables en la variabilidad racial de *Canis lupus familiaris*.
2. Es previsible que una muestra más extensa de casos patológicos permitirá precisar mediante la herramienta desarrollada, el grado y tipo de patologías de la columna vertebral a partir de imágenes radiográficas.
3. En las condiciones planteadas, se han utilizado varias pruebas estadísticas. Hay otras. La ampliación y extensión de este estudio permitirá seleccionar el tipo de análisis estadístico más apropiado y sencillo, lo que simplificará en método.
4. La complejidad del método seguido, respecto al análisis visual de una imagen radiográfica, quedará justificada por la detección de casos en fases precoces. Casos en donde el análisis visual es insuficiente.
5. El diagnóstico por imagen tiene potencialidades que se concretarán mediante métodos como el que aquí se ha presentado.

Conclusions

1. The analysis we have done seems to have enough sensitivity to discriminate injured dogs from healthy ones, despite the inevitable morphological differences in the racial variability of *Canis lupus familiaris*.
2. It is expected that a more extensive sample of pathological cases will allow determining, using the developed tool, the degree and type of pathologies of the spine from radiographic images.
3. Several statistical tests have been used. There are others. The extension of this study will allow selecting the most appropriate and simple type of statistical analysis, which simplify the method.
4. The complexity of the used method, regarding the visual analysis of a radiographic image, will be justified by the detection of cases in the early stages. Cases where visual analysis is insufficient.
5. Diagnostic imaging has potentials that will be determined by methods such as the one presented here.

7. Aportaciones en materia de aprendizaje

El desarrollo de este proyecto me ha supuesto una oportunidad para poner en práctica competencias transversales referidas a las materias que configuran en grado en Veterinaria, además es el primer contacto con la realización de un trabajo académico basado en datos experimentales, lo cual me ha exigido:

- Para el desarrollo de los apartados bibliográficos, poner en práctica lo aprendido durante la carrera a la hora de buscar información, contrastar y utilizar adecuadamente esta información. Citando a los autores en los que he basado la revisión y nombrando aquellos títulos que me han servido de ayuda o me han guiado a la hora de asentar conocimientos necesarios para el proyecto.
- En lo que respecta al desarrollo del trabajo experimental, me ha supuesto ponerme en contacto con profesionales para obtener los casos que han sido la base para el desarrollo del proyecto. Aprender a utilizar programas con los que no había tenido contacto anteriormente, como es el caso de GeoGebra. Y también volver a tomar contacto con programas que ya había utilizado en el pasado como es el caso de Excel, lo cual me ha servido para recuperar ligereza a la hora de realizar tareas.
- Al obtener los resultados estadísticos me ha impulsado a recuperar conocimientos que había aprendido durante la carrera, y a darles uso dándome facilidad a la hora de interpretar resultados estadísticos y entender lo que estos significan.
- Y en lo que concierne a la redacción me ha supuesto aprender a adaptarme a los parámetros requeridos y redirigir mis objetivos y mi trabajo para que cumpla lo exigido. También he aprendido la importancia de organizarme para llegar a los plazos y el valor de ser capaz de compaginar el proyecto con el resto de quehaceres y saber cuándo es necesario centrarse para llevar a cabo una tarea.

Creo que al obtener experiencia en el desarrollo de técnicas y metodologías, son herramientas que potencian el perfil personal para la inserción en el mercado de trabajo y a su vez favorecen la creatividad en el ámbito profesional.

8. Bibliografía

- [1] Pita Fernández, S. (1996). *Determinación del tamaño muestral*. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. Cad Aten Primaria 1996; 3: 138-14.
- [2] Valdivieso Taborga, C. E., Valdivieso Castellón, R., y Valdivieso Taborga, O. Á. (2011). *Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión*. UPB - Investigación & Desarrollo 11: 148 – 176 (2011).
- [3] Sisson y Grossman. (1982). *Anatomía de los animales domésticos Tomo 1*. Department of Veterinary Anatomy, Iowa State University: Masson.
- [4] Michael A.K. Liebschner. (2004). *Biomechanical considerations of animal models used in tissue engineering of bone*, Biomaterials 25 1697–1714.
- [5] Ing. Yosbel Ángel Cisneros Hidalgo, et al. (2014). *Aplicación de los modelos mecanobiológicos en los procesos de regeneración ósea*. Rev Cubana Ortop Traumatol vol.28 no.2 Ciudad de la Habana
- [6] Sánchez-Masian, D., et al. (2012) *Enfermedad discal intervertebral (I): anatomía, fisiopatología y signos clínicos*. Clin. Vet. Peq. Anim, 2012, 32 (1): 7-12
- [7] Beristan Lima, S. (2015). Tesis: *Evaluación de los defectos en las vértebras y su contribución a la inestabilidad de la columna vertebral*. Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. Unidad zacateno.
- [8] Naderi S., Andalkar N., Benzel EC. (2007). *History of spine biomechanics: part II—from the Renaissance to the 20th century*. Neurosurgery ; 60:392–403.
- [9] -O. Chai et al. (2008). *Bite wounds involving the spine: Characteristics, therapy and outcome in seven cases*. The Veterinary Journal 175 259–265.
- [10] Alizadeh, M., et al. (2017). *An EMG-driven biomechanical model of the canine cervical spine* Journal of Electromyography and Kinesiology. Volume 32, February, Pages 101-109.
- [11] Zotti, A., Giancesella, M., Gasparinetti, N., Zanetti E., y Cozzi, B. (2011). *A preliminary investigation of the relationship between the “moment of resistance” of the canine spine, and the frequency of traumatic vertebral lesions at different spinal levels*. Research in Veterinary Science 90 (2011) 179–184.
- [12] –Hediger, K. U., et al. (2009). *Biomechanical Analysis of Torsion and Shear Forces in Lumbar and Lumbosacral Spine Segments of Nonchondrodystrophic Dogs*. Veterinary Surgery.
- [13] Slijper, E.J. (1946). *Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral column and spinal musculature of mammals*. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde. Tweede Sectie 42, 1–128.

- [14] Encinosa Quintana, M. (2015). Memoria de tesis doctoral: *Patología de la columna vertebral diagnosticadas por resonancia magnética en el perro*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Facultad de Veterinaria.
- [15] Kenneth V. Kardong. (1994). *Vertebrados: anatomía comparada, función y evolución*. Washington state university.
- [16] GeoGebra® (Versión 5.0) [software]. (2016). Dynamic Mathematics <http://www.geogebra.org>.
- [17] Adobe Photoshop® CC (versión 14.0) [software]. (2013). Desarrollado por Adobe Systems Incorporated: <https://www.adobe.com>.
- [18] Microsoft Excel (versión 14.0) [software]. (2010). Desarrollado por Microsoft office: <https://products.office.com>.
- [19] IBM SPSS (versión 25.0) [software]. (2017). Desarrollado por IBM: <https://www.ibm.com>.
- [20] Constantino Arce, Eulogio Real. (2001). *Introducción al análisis estadístico con SPSS para Windows*. Barcelona. Promociones y Publicaciones Universitarias. España.
- [21] Grupo de Petrología Aplicada. (2016). *Análisis multivariante con SPSS. Reducción de datos: análisis de componentes principales y factorial*. Universidad de Alicante.
- [22] de la Fuente Fernandez, S. (2011) *Análisis factorial*. Facultad ciencias económicas y empresariales UAM.

Anexo 1: Animales Sanos. Correlaciones parciales entre longitudes y ángulos torácicos, eliminando la influencia del peso y longitud.

Variables de control			var00 1	var00 2	var00 3	var00 4	var00 5	var00 6	var00 7	var00 8	var00 9	var01 0	var01 1	var01 2	var01 3	var02 1	var02 2	var02 3	var02 4	var02 5	var02 6	var02 7	var02 8	var02 9	var03 0	var03 1	var03 2	var03 3
var04 3 & var04 9	var00 1	Correlación	1,000	.921	.855	.765	.608	.386	.174	.089	.045	.191	.234	.114	.074	.233	.175	.150	.085	.024	-.019	-.058	-.036	.020	.053	.016	-.048	-.050
		Significació n (bilateral)	.	.000	.000	.000	.001	.056	.406	.671	.830	.359	.260	.586	.727	.262	.402	.473	.687	.909	.929	.784	.863	.924	.800	.940	.819	.812
		gl	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 2	Correlación	.921	1,000	.936	.877	.771	.550	.280	.098	.014	.105	.108	.028	.047	.042	.001	-.020	-.066	-.106	-.119	-.108	-.067	-.022	.011	.012	-.031	-.040
		Significació n (bilateral)	.000	.	.000	.000	.000	.004	.175	.643	.947	.618	.608	.893	.824	.842	.997	.925	.754	.613	.571	.607	.750	.918	.957	.956	.885	.849
		gl	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 3	Correlación	.855	.936	1,000	.922	.835	.608	.309	.141	.056	.124	.032	.008	.125	.152	.105	.074	-.003	-.078	-.133	-.159	-.145	-.093	-.085	-.086	-.140	-.149
		Significació n (bilateral)	.000	.000	.	.000	.000	.001	.133	.502	.791	.555	.877	.972	.550	.469	.616	.726	.987	.710	.526	.449	.489	.657	.686	.681	.506	.478
		gl	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 4	Correlación	.765	.877	.922	1,000	.914	.789	.517	.362	.281	.317	.147	.125	.217	-.022	-.067	-.093	-.161	-.221	-.256	-.245	-.224	-.184	-.166	-.121	-.155	-.159
		Significació n (bilateral)	.000	.000	.000	.	.000	.000	.008	.076	.173	.123	.485	.552	.298	.916	.751	.659	.443	.289	.217	.237	.282	.377	.427	.564	.459	.447
		gl	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 5	Correlación	.608	.771	.835	.914	1,000	.877	.685	.528	.351	.252	-.068	-.108	.148	-.007	-.049	-.078	-.148	-.212	-.248	-.235	-.207	-.163	-.146	-.103	-.143	-.153
		Significació n (bilateral)	.001	.000	.000	.000	.	.000	.000	.007	.086	.224	.745	.608	.481	.973	.814	.710	.481	.309	.231	.259	.320	.437	.487	.625	.496	.465
		gl	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 6	Correlación	.386	.550	.608	.789	.877	1,000	.871	.748	.624	.470	.104	.112	.309	-.135	-.160	-.180	-.228	-.267	-.278	-.261	-.238	-.214	-.187	-.126	-.128	-.128
		Significació n (bilateral)	.056	.004	.001	.000	.000	.	.000	.000	.001	.018	.620	.596	.133	.519	.445	.389	.273	.197	.179	.207	.253	.304	.370	.550	.542	.543
		gl	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 7	Correlación	.174	.280	.309	.517	.685	.871	1,000	.881	.714	.496	.035	.031	.264	-.156	-.184	-.208	-.244	-.264	-.242	-.214	-.170	-.149	-.097	-.040	-.045	-.049
		Significació n (bilateral)	.406	.175	.133	.008	.000	.000	.	.000	.000	.012	.868	.882	.202	.457	.377	.319	.240	.202	.244	.303	.417	.476	.644	.849	.830	.818
		gl	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 8	Correlación	.089	.098	.141	.362	.528	.748	.881	1,000	.880	.637	.169	.131	.190	-.132	-.169	-.190	-.239	-.266	-.260	-.236	-.196	-.174	-.127	-.073	-.089	-.089
		Significació n (bilateral)	.671	.643	.502	.076	.007	.000	.000	.	.000	.001	.419	.533	.363	.531	.419	.362	.250	.198	.210	.255	.348	.405	.545	.730	.672	.671
		gl	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var00 9	Correlación	.045	.014	.056	.281	.351	.624	.714	.880	1,000	.875	.536	.416	.331	-.229	-.251	-.264	-.317	-.348	-.365	-.340	-.321	-.324	-.279	-.201	-.194	-.188
		Significació n (bilateral)	.830	.947	.791	.173	.086	.001	.000	.000	.	.000	.006	.039	.106	.271	.227	.202	.122	.088	.073	.096	.118	.114	.177	.336	.353	.369
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 0	Correlación	.191	.105	.124	.317	.252	.470	.496	.637	.875	1,000	.714	.569	.380	-.212	-.223	-.231	-.301	-.344	-.387	-.354	-.342	-.344	-.313	-.235	-.245	-.242
		Significació n (bilateral)	.359	.618	.555	.123	.224	.018	.012	.001	.000	.	.000	.003	.061	.310	.284	.266	.144	.092	.056	.082	.094	.092	.128	.259	.239	.245
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 1	Correlación	.234	.108	.032	.147	-.068	.104	.035	.169	.536	.714	1,000	.773	.401	-.107	-.102	-.092	-.122	-.139	-.195	-.199	-.234	-.266	-.269	-.230	-.207	-.187
		Significació n (bilateral)	.260	.608	.877	.485	.745	.620	.868	.419	.006	.000	.	.000	.047	.611	.627	.661	.560	.506	.349	.339	.260	.198	.193	.268	.320	.370
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 2	Correlación	.114	.028	.008	.125	-.108	.112	.031	.131	.416	.569	.773	1,000	.611	-.014	-.006	-.002	-.049	-.079	-.134	-.158	-.186	-.199	-.198	-.189	-.197	-.183
		Significació n (bilateral)	.586	.893	.972	.552	.608	.596	.882	.533	.039	.003	.000	.	.001	.947	.976	.994	.817	.709	.523	.451	.374	.340	.343	.366	.344	.382
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

var01 3	Correlación	,074	,047	,125	,217	,148	,309	,264	,190	,331	,380	,401	,611	1,000	,175	,194	,193	,125	,067	-,046	-,115	-,163	-,168	-,178	-,207	-,228	-,219
	Significació n (bilateral)	,727	,824	,550	,298	,481	,133	,202	,363	,106	,061	,047	,001	.	,402	,354	,357	,553	,750	,826	,585	,437	,423	,396	,320	,274	,293
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
var02 1	Correlación	,233	,042	,152	-,022	-,007	-,135	-,156	-,132	-,229	-,212	-,107	-,014	,175	1,000	,982	,966	,882	,765	,589	,333	,189	,243	,145	-,037	-,126	-,096
	Significació n (bilateral)	,262	,842	,469	,916	,973	,519	,457	,531	,271	,310	,611	,947	,402	.	,000	,000	,000	,000	,002	,103	,366	,241	,489	,860	,549	,648
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
var02 2	Correlación	,175	,001	,105	-,067	-,049	-,160	-,184	-,169	-,251	-,223	-,102	-,006	,194	,982	1,000	,996	,948	,856	,695	,471	,326	,371	,258	,083	,001	,030
	Significació n (bilateral)	,402	,997	,616	,751	,814	,445	,377	,419	,227	,284	,627	,976	,354	,000	.	,000	,000	,000	,000	,017	,112	,068	,213	,692	,997	,887
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
var02 3	Correlación	,150	-,020	,074	-,093	-,078	-,180	-,208	-,190	-,264	-,231	-,092	-,002	,193	,966	,996	1,000	,967	,888	,734	,523	,377	,417	,300	,127	,049	,079
	Significació n (bilateral)	,473	,925	,726	,659	,710	,389	,319	,362	,202	,266	,661	,994	,357	,000	,000	.	,000	,000	,000	,007	,063	,038	,145	,544	,815	,707
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23
var02 4	Correlación	,085	-,066	-,003	-,161	-,148	-,228	-,244	-,239	-,317	-,301	-,122	-,049	,125	,882	,948	,967	1,000	,976	,880	,713	,576	,599	,476	,321	,271	,305
	Significació n (bilateral)	,687	,754	,987	,443	,481	,273	,240	,250	,122	,144	,560	,817	,553	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,003	,002	,016	,118	,189	,138
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23
var02 5	Correlación	,024	-,106	-,078	-,221	-,212	-,267	-,264	-,266	-,348	-,344	-,139	-,079	,067	,765	,856	,888	,976	1,000	,958	,841	,723	,731	,613	,476	,451	,485
	Significació n (bilateral)	,909	,613	,710	,289	,309	,197	,202	,198	,088	,092	,506	,709	,750	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,001	,016	,024	,014
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23
var02 6	Correlación	-,019	-,119	-,133	-,256	-,248	-,278	-,242	-,260	-,365	-,387	-,195	-,134	-,046	,589	,695	,734	,880	,958	1,000	,936	,849	,847	,751	,646	,653	,686
	Significació n (bilateral)	,929	,571	,526	,217	,231	,179	,244	,210	,073	,056	,349	,523	,826	,002	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23
var02 7	Correlación	-,058	-,108	-,159	-,245	-,235	-,261	-,214	-,236	-,340	-,354	-,199	-,158	-,115	,333	,471	,523	,713	,841	,936	1,000	,975	,963	,887	,838	,842	,856
	Significació n (bilateral)	,784	,607	,449	,237	,259	,207	,303	,255	,096	,082	,339	,451	,585	,103	,017	,007	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23
var02 8	Correlación	-,036	-,067	-,145	-,224	-,207	-,238	-,170	-,196	-,321	-,342	-,234	-,186	-,163	,189	,326	,377	,576	,723	,849	,975	1,000	,993	,956	,929	,922	,923
	Significació n (bilateral)	,863	,750	,489	,282	,320	,253	,417	,348	,118	,094	,260	,374	,437	,366	,112	,063	,003	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23
var02 9	Correlación	,020	-,022	-,093	-,184	-,163	-,214	-,149	-,174	-,324	-,344	-,266	-,199	-,168	,243	,371	,417	,599	,731	,847	,963	,993	1,000	,972	,937	,911	,910
	Significació n (bilateral)	,924	,918	,657	,377	,437	,304	,476	,405	,114	,092	,198	,340	,423	,241	,068	,038	,002	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23
var03 0	Correlación	,053	,011	-,085	-,166	-,146	-,187	-,097	-,127	-,279	-,313	-,269	-,198	-,178	,145	,258	,300	,476	,613	,751	,887	,956	,972	1,000	,975	,941	,934
	Significació n (bilateral)	,800	,957	,686	,427	,487	,370	,644	,545	,177	,128	,193	,343	,396	,489	,213	,145	,016	,001	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23
var03 1	Correlación	,016	,012	-,086	-,121	-,103	-,126	-,040	-,073	-,201	-,235	-,230	-,189	-,207	-,037	,083	,127	,321	,476	,646	,838	,929	,937	,975	1,000	,979	,968
	Significació n (bilateral)	,940	,956	,681	,564	,625	,550	,849	,730	,336	,259	,268	,366	,320	,860	,692	,544	,118	,016	,000	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23
var03 2	Correlación	-,048	-,031	-,140	-,155	-,143	-,128	-,045	-,089	-,194	-,245	-,207	-,197	-,228	-,126	,001	,049	,271	,451	,653	,842	,922	,911	,941	,979	1,000	,997
	Significació n (bilateral)	,819	,885	,506	,459	,496	,542	,830	,672	,353	,239	,320	,344	,274	,549	,997	,815	,189	,024	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.	,000
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23
var03 3	Correlación	-,050	-,040	-,149	-,159	-,153	-,128	-,049	-,089	-,188	-,242	-,187	-,183	-,219	-,096	,030	,079	,305	,485	,686	,856	,923	,910	,934	,968	,997	1,000
	Significació n (bilateral)	,812	,849	,478	,447	,465	,543	,818	,671	,369	,245	,370	,382	,293	,648	,887	,707	,138	,014	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.
	gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0

Anexo 2: Animales Sanos. Correlaciones parciales entre longitudes y ángulos lumbares, eliminando la influencia del peso y longitud.

Variables de control			var01 4	var01 5	var01 6	var01 7	var01 8	var01 9	var02 0	var03 4	var03 5	var03 6	var03 7	var03 8	var03 9	var04 0
var04 3 & var04 9	var01 4	Correlación	1,000	,997	,802	-,377	-,313	-,259	-,159	-,150	-,126	-,137	-,057	-,045	-,052	-,028
		Significació n (bilateral)	.	,000	,000	,063	,128	,211	,448	,473	,547	,514	,785	,831	,805	,893
		gl	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 5	Correlación	,997	1,000	,801	-,357	-,300	-,246	-,158	-,168	-,142	-,158	-,046	-,034	-,021	,004
		Significació n (bilateral)	,000	.	,000	,080	,145	,237	,449	,423	,499	,451	,828	,871	,922	,984
		gl	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 6	Correlación	,802	,801	1,000	,051	,043	,064	,119	-,231	-,218	-,019	-,005	-,005	,039	,056
		Significació n (bilateral)	,000	,000	.	,807	,839	,760	,571	,267	,295	,929	,982	,980	,853	,789
		gl	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 7	Correlación	-,377	-,357	,051	1,000	,809	,657	,610	-,132	-,117	,058	,442	,402	,420	,411
		Significació n (bilateral)	,063	,080	,807	.	,000	,000	,001	,529	,577	,782	,027	,046	,037	,041
		gl	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 8	Correlación	-,313	-,300	,043	,809	1,000	,831	,745	-,192	-,178	-,041	,220	,448	,488	,467
		Significació n (bilateral)	,128	,145	,839	,000	.	,000	,000	,358	,394	,847	,290	,025	,013	,019
		gl	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	var01 9	Correlación	-,259	-,246	,064	,657	,831	1,000	,867	-,342	-,324	-,206	-,133	,049	,402	,395
		Significació n (bilateral)	,211	,237	,760	,000	,000	.	,000	,095	,114	,323	,525	,815	,046	,051
		gl	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23	23
	var02 0	Correlación	-,159	-,158	,119	,610	,745	,867	1,000	-,285	-,259	-,130	-,016	,130	,466	,487
		Significació n (bilateral)	,448	,449	,571	,001	,000	,000	.	,167	,211	,536	,939	,536	,019	,014
		gl	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23	23
	var03 4	Correlación	-,150	-,168	-,231	-,132	-,192	-,342	-,285	1,000	,994	,886	,268	,204	-,238	-,239
		Significació n (bilateral)	,473	,423	,267	,529	,358	,095	,167	.	,000	,000	,195	,329	,252	,249
		gl	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23	23
	var03 5	Correlación	-,126	-,142	-,218	-,117	-,178	-,324	-,259	,994	1,000	,883	,301	,241	-,175	-,172
		Significació n (bilateral)	,547	,499	,295	,577	,394	,114	,211	,000	.	,000	,144	,246	,403	,411
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23	23
	var03 6	Correlación	-,137	-,158	-,019	,058	-,041	-,206	-,130	,886	,883	1,000	,372	,300	-,134	-,129
		Significació n (bilateral)	,514	,451	,929	,782	,847	,323	,536	,000	,000	.	,067	,145	,524	,539
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23	23
	var03 7	Correlación	-,057	-,046	-,005	,442	,220	-,133	-,016	,268	,301	,372	1,000	,891	,225	,241
		Significació n (bilateral)	,785	,828	,982	,027	,290	,525	,939	,195	,144	,067	.	,000	,280	,246
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23	23
	var03 8	Correlación	-,045	-,034	-,005	,402	,448	,049	,130	,204	,241	,300	,891	1,000	,376	,383
		Significació n (bilateral)	,831	,871	,980	,046	,025	,815	,536	,329	,246	,145	,000	.	,064	,059
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23	23
	var03 9	Correlación	-,052	-,021	,039	,420	,488	,402	,466	-,238	-,175	-,134	,225	,376	1,000	,992
		Significació n (bilateral)	,805	,922	,853	,037	,013	,046	,019	,252	,403	,524	,280	,064	.	,000
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0	23
	var04 0	Correlación	-,028	,004	,056	,411	,467	,395	,487	-,239	-,172	-,129	,241	,383	,992	1,000
		Significació n (bilateral)	,893	,984	,789	,041	,019	,051	,014	,249	,411	,539	,246	,059	,000	.
		gl	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0