



Universidad de Valladolid



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD

**TESIS DOCTORAL:**

**ESTIMACIÓN DE DENSIDAD MINERAL ÓSEA  
MEDIANTE ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON  
PROTOCOLO GSI. CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA.**

Presentada por **D. Gregorio de Jesús Labrador Hernández**  
para optar al grado de Doctor  
por la Universidad de Valladolid

Dirigida por

**D. David César Noriega González**

2023

**UVa**

Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado.  
Casa del Estudiante. Calle Real de Burgos s/n. 47011 Valladolid. España  
**Tfno.:** 983 184343; 983 423908; 983 186471 - **Fax:** 983186397 - **Email:**  
seccion.tercer.ciclo@uva.es



**Universidad de Valladolid**





Universidad de Valladolid



# UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



## TESIS DOCTORAL

**ESTIMACIÓN DE DENSIDAD MINERAL ÓSEA  
MEDIANTE ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON  
PROTOCOLO GSI. CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA.**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE  
VALLADOLID PRESENTADA POR

**D. Gregorio de Jesús Labrador Hernández**

**Valladolid 2023**



UVa

Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado.  
Casa del Estudiante. Calle Real de Burgos s/n. 47011 Valladolid. España  
Tfno.: 983 184343; 983 423908; 983 186471 - Fax: 983186397 - Email: seccion.tercer.ciclo@uva.es



**Universidad de Valladolid**



*A mi familia ...*

*Cada familia es un manicomio, y el que me ha tocado a mí es el mejor de todos.*



**Universidad de Valladolid**



*Dedicada especialmente a mis sobrinos os Victoria Isabel, Francisco Noel, Marcus  
NoelSebastián Josué.*



## AGRADECIMIENTOS

La aventura de realizar un trabajo de investigación y clínico para escribir una tesis doctoral supone un esfuerzo importante, y no sería posible sin el apoyo de muchas personas. Este apartado va especialmente dirigido a todos aquellos que de una u otra forma me brindaron apoyo para hacer posible este trabajo de investigación. Sin el apoyo de ustedes no hubiese sido lo mismo...

Primero dar gracias a Dios y a la Virgen, por la oportunidad que me brindaron de venirme a completar mi desarrollo profesional en este país.

A mis padres **Pedro** y **Nancy**, soy el reflejo de ustedes. Gracias por días, noches, tardes y madrugadas dedicadas a ayudar y a hacer de mí lo que actualmente soy. Gracias por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos **Pedro, Juan, Marialeycnan, Francisco**; gracias por su apoyo incondicional, por esas palabras de aliento, por esos estímulos tan necesarios como el aire mismo. Gracias por todo el amor, la fuerza, fortaleza y coraje. A mis hermanos putativos **Rubén, Scarlet e Italismar**, gracias por todo el apoyo.

A mi familia putativa **Maria Elena, Joaquin, Iva**. Gracias por hacer mis días más llevaderos, sin su apoyo en esas largas jornadas de cuidados del Rocco no hubiese terminado este trabajo.

Al Hospital Clínico Universitario de Valladolid, especialmente al servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, y a todo el pool de especialistas que forman parte de el, por recibirme con sus manos abiertas, presto a enseñarme cada día más.

A mis compañeros de residencia Ana, Almudena, Silvia, Gonzalo, Ricardo, María, Sergio, Juan, Elvira. Sin su ayuda no me hubiese sido posible recolectar todos los



**Universidad de Valladolid**

pacientes. Gracias por el esfuerzo en ayudarme a cumplir el esquema de trabajo que diseñe.

Finalmente y el más importante de todos...

A **José Rafael** mi compañero de aventuras, de noches de insomnio, tardes de locura, muchas gracias por el apoyo y el amor incondicional que día a día brindas a mi vida. Tus palabras de aliento, tu paciencia y capacidad para escuchar y tratar de entender un lenguaje tan distinto a ti, por comprender mi vida y estar allí presente, firme y preparado para darme las fuerzas en esos días que el ánimo flaquea. Eres mi mejor equipo.

A todos ustedes muchas gracias. Este trabajo de investigación también es de ustedes y para ustedes.



<b>ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>xxi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xxvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 General.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 La Columna Vertebral.....</b>	<b>6</b>
1.3.1 Anatomía Ósea Vertebral.....	6
1.3.2 Vascularización Vertebral.....	9
1.3.3 Inervación De La Columna Vertebral.....	11
1.3.4 Biomecánica De La Columna.....	12
Biomecánica de C1-C2.....	12
<b>1.4 Osteoporosis: Concepto y Epidemiología.....</b>	<b>13</b>
1.4.1 Osteoporosis.....	13
1.4.2 Densitometría Ósea (DMO). Figura 6.....	17
1.4.3 Fisiopatología De La Osteoporosis.....	20
1.4.3.1 Remodelado Óseo.....	20
1.4.3.2 Patogenia De La Osteoporosis.....	22
1.4.3.3 Clasificación De La Osteoporosis.....	22
1.4.3.4 Factores De Riesgo De Osteoporosis.....	24
1.4.3.5 Antecedentes De Fracturas Previas.....	26
1.4.4 Efectos De La Osteoporosis.....	27
1.4.4.1 Fracturas Por Fragilidad.....	27
1.4.4.2 Factores Relacionados Con Los Hábitos Higiénico Dietéticos.....	29
1.4.4.3 Enfermedades Que Influyen Sobre La Masa Ósea.....	30
1.4.4.4 Índice de Fragilidad modificado.....	30
1.4.5 Factores De Riesgo De Fractura.....	31
1.4.5.1 Calidad Ósea.....	31
1.4.5.2 Otras Patologías.....	32
1.4.6 Osteoporosis Del Varón.....	33
1.4.6.1 Etiología De Osteoporosis en el Varón.....	34
1.4.6.2 Diagnóstico De Osteoporosis en el Varón.....	35
<b>1.5 Fractura Vertebral (FV).....</b>	<b>37</b>
1.5.1 Clasificación.....	37
1.5.2 Epidemiología De Las Fracturas Vertebrales.....	40
1.5.3 Biomecánica De Las Fracturas Vertebrales.....	42
1.5.4 Clínica De Las Fracturas Vertebrales.....	43
1.5.5 Diagnóstico Biológico.....	45
1.5.5.1 Diagnóstico Por Imagen De Las Fracturas Vertebrales.....	45
1.5.5.1.1 Radiología Convencional. (Figura 13).....	45



**Universidad de Valladolid**

1.5.5.1.2 Medicina Nuclear .....	47
1.5.6 Tratamiento De Las Fracturas Vertebrales .....	55
<b>1.6 Antecedentes de la Investigación.....</b>	<b>58</b>
<b>2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>73</b>
<b>2.1 A. Estudios Preliminares.....</b>	<b>73</b>
<b>2.2 Naturaleza De La Investigación Central .....</b>	<b>73</b>
<b>2.3 Variables a estudiar e indicadores .....</b>	<b>75</b>
<b>2.4 Fases De La Investigación.....</b>	<b>85</b>
A. Fase Preliminar .....	85
2.4.1 Fase I Entrada al campo: procedimiento para seleccionar la muestra .....	85
2.4.2 Fase II. Diseño de la Investigación.....	89
<b>3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>98</b>
<b>3.1 General .....</b>	<b>98</b>
<b>3.2 Específicos .....</b>	<b>98</b>
<b>3.3 Secundarios .....</b>	<b>98</b>
<b>4 Hipótesis de investigación .....</b>	<b>100</b>
<b>4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES.....</b>	<b>100</b>
4.1.1 A.1 Fracturas Vertebrales por Compresión (FVC) y la Evaluación de Efectividad Basada en Tecnología 3D: Estudio de caso .....	101
4.1.1.1 Tipo de investigación. ....	102
4.1.1.2 Materiales y métodos.....	103
4.1.1.2.1 El procedimiento .....	103
4.1.1.2.2 Etapa 1 .....	103
4.1.1.2.3 Etapa 2 .....	103
4.1.1.2.4 Evaluación de la restauración anatómica.....	104
4.1.1.3 Los Casos.....	106
4.1.1.4 Procedimiento de Análisis: Diagnóstico y Cirugía .....	107
4.1.1.5 Los Casos. Estudio y evolución.....	109
4.1.1.6 La Descripción Teórica del Estudio Aplicado.....	112
4.1.1.7 Resultados parciales .....	114
4.1.2 Descripción de pruebas diagnósticas para FV y su tratamiento: un estudio narrativo" .....	114
4.1.2.1 Presentación.....	114
4.1.2.2 Metodología Específica de Análisis y Búsqueda de la Información	115
<b>5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CENTRAL .....</b>	<b>123</b>
<b>5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>123</b>
5.1.1 MUESTRA N = 170 .....	123
5.1.2 MUESTRA N=25 .....	140
5.1.3 ESTADÍSTICA INFERENCIAL: Relaciones entre variables y descripción del comportamiento de la muestra.....	146
5.1.4 Correlación entre la variable fractura vertebral previa y otras .....	146



**Universidad de Valladolid**

5.1.5	Correlación de la variable Conclusión Cv y otras .....	151
5.1.6	Análisis de las variables TAC GSI y RMN en la muestra de estudio .....	157
5.1.7	Estudio del grado de satisfacción y evolución de los pacientes a la aplicación de los tratamientos conservador y quirúrgico. ....	159
5.1.8	REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA Y CURVA COR para analizar la relación Conclusión CV*otras variables .....	172
5.1.9	Modelo de Regresión Logística Binaria .....	172
5.1.10	Regresión Logística Binaria para buscar modelo definitivo .....	178
<b>5.2</b>	<b>VALIDACIÓN INTERNA DEL MODELO .....</b>	<b>193</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>197</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>215</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....</b>	<b>218</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>240</b>
<b>9.1</b>	<b>ANEXO A .....</b>	<b>241</b>
	<b>AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL ESTUDIO EN EL SERVICIO DE CIRUGIA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA, SERVICIO DE RADIODIAGNOSTICO DEL HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID Y SERVICIO DE RADIODIAGNÓSTICO DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO HORTEGA. ....</b>	<b>241</b>
<b>9.2</b>	<b>ANEXO B .....</b>	<b>244</b>
	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO .....</b>	<b>244</b>
	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE POR ESCRITO.....</b>	<b>246</b>
<b>9.3</b>	<b>ANEXO C .....</b>	<b>249</b>
9.3.1	ANEXO D .....	254



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. VISIÓN ANTEROPOSTERIOR Y LATERAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL CON SUS DIFERENTES SEGMENTOS.....	6
FIGURA 2. VASCULARIZACIÓN DE LA COLUMNA VERTEBRAL.....	9
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA VENOSO LUMBAR.....	10
FIGURA 4. INERVACIÓN VERTEBRAL.....	11
FIGURA 5. BIOMECÁNICA DE LA COLUMNA VERTEBRAL.....	13
FIGURA 6. . IMAGEN DE DENSITOMETRÍA ÓSEA (DMO) DE LA COLUMNA VERTEBRAL.....	17
FIGURA 7. . FASES Y TIEMPOS DE REMODELADO ÓSEO. ....	21
FIGURA 8. OSTEOPOROSIS INDUCIDA POR GLUCOCORTICOIDES.. .....	36
FIGURA 9. CRITERIOS RADIOLÓGICOS QUE DEFINEN UNA FRACTURA EN LA COLUMNA DORSAL.....	37
FIGURA 10. RADIOGRAFÍA AP-LATERAL.....	42
FIGURA 11. FRACTURA DE UN CUERPO VERTEBRAL CON ACUÑAMIENTO ANTERIOR.....	43
FIGURA 12. RX LATERAL DONDE SE EVIDENCIA AUMENTO DE LA CIFOSIS DORSAL, TRAS CIFOPLASTIA. ....	44
FIGURA 13. ESTUDIO RADIOLÓGICO SIMPLE. PROYECCIÓN LATERAL.. ....	47
FIGURA 14. FRACTURA POR INSUFICIENCIA EN OP.....	51
FIGURA 15. IMAGEN DE TAC GSI.....	53



**Universidad de Valladolid**

FIGURA 16. RMN DE COLUMNA DORSOLUMBAR.....	54
FIGURA 17. IMAGEN DEL TOMÓGRAFO DEL HCUV. ....	86
FIGURA 18. DIBUJO ESQUEMÁTICO DE LAS MEDICIONES DE REGIONES DE INTERÉS (ROI). ....	87
FIGURA 19. ALGORITMO SEGUIDO EN LA RECOGIDA DE LOS DATOS. ....	88
FIGURA 21. DATOS DE LAS VARIABLES HAP - WATER TOTAL Y REGIONES DE INTERÉS DE LOS PACIENTES 1 A 17. ....	92
FIGURA 20. DATOS DE 14 VARIABLES EN 16 PACIENTES. ....	93
FIGURA 22. DATOS DE LAS 13 ÚLTIMAS VARIABLES (DE LAS 41 EN TOTAL) DE LOS PACIENTES 1 A 17.....	93
FIGURA 23. RECONSTRUCCIÓN 3D PREOPERATORIA. ...	104
FIGURA 24. RECONSTRUCCIÓN 3D POSTOPERATORIA. ....	105
FIGURA 25. RECONSTRUCCIONES DEL CV L1 DEL PACIENTE.. ....	105
FIGURA 26. MAPEO 3D CODIFICADO POR COLORES. ....	106
FIGURA 27. DEFECTO DEL PLATILLO TERMINAL CENTRAL.. ....	107
FIGURA 28. TAC CON AMBOS PLATILLOS IMPACTADOS DE LA VÉRTEBRA L1.....	108
FIGURA 29. REDUCCIÓN DEL PLATILLO SUPERIOR. RECONSTRUCCIÓN PREOPERATORIA. ....	110
FIGURA 30. TOPOGRAMA QUE MUESTRA LA REDUCCIÓN 3D DEL PLATILLO VERTEBRAL SUPERIOR. ....	110
FIGURA 31. TOPOGRAMA QUE MUESTRA LA RECONSTRUCCIÓN 3D DE LOS PLATILLOS VERTEBRALES SUPERIOR E INFERIOR. ....	111



**Universidad de Valladolid**

FIGURA 32. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA COMPLETA PARA DESARROLLAR LA REVISIÓN SISTEMÁTICA Y POSTERIOR DESCRIPCIÓN NARRATIVA. ... 117

FIGURA 33. TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA,.. ..... 119

FIGURA 34. TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA, RECONSTRUCCIÓN 3D.. ..... 119

FIGURA 35. SUBLUXACIÓN C1-C2 POR RMN. .... 120

FIGURA 36. % DE NIVEL MEDIDO SEGÚN SEXO. .... 127

FIGURA 37. PORCENTAJE DE CUERPOS VERTEBRALES MEDIDOS, SEGÚN SEXO. .... 127

FIGURA 38. PORCENTAJES ENCONTRADOS SEGÚN LAS FRACTURAS PREVIAS. .... 128

FIGURA 39. SEGMENTO AFECTADO CON FV SEGÚN EL SEXO. .... 128

FIGURA 40. TIPO. DE FRACTURA VERTEBRAL SEGÚN AO. .... 131

FIGURA 41. FRECUENCIA DEL MECANISMO LESIONAL DE LAS FRACTURAS VERTEBRALES. .... 131

FIGURA 42. VARIABLES DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD MODIFICADO PREVALENTES. .... 135

FIGURA 43. PORCENTAJES DE PACIENTES CON DXA SEGÚN SEXO. .... 138

FIGURA 44. RESULTADOS DE RMN SEGÚN SEXO. .... 139

FIGURA 45. RESULTADOS TAC GSI SEGÚN SEXO. .... 140

FIGURA 46. VALORES OBTENIDOS EN LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA N=25. .... 142



**Universidad de Valladolid**

FIGURA 47. RESULTADOS DE DXA EN PACIENTES DEL GRUPO CONTROL, N=25. .... 143

FIGURA 48. RESULTADOS DE RMN EN PACIENTES DEL GRUPO CONTROL, N=25. .... 143

FIGURA 49. CORTE SAGITAL TAC CON ESTUDIO ESPECTRAL-GSI. .... 150

FIGURA 50. RMN LUMBAR. .... 150

FIGURA 51. RMN CORTE SAGITAL. .... 151

FIGURA 52. CORTE AXIAL DE CUERPO VERTEBRAL, COMPARATIVA DE ESTUDIO TAC GSI PARA VALORAR LAS ROI DEL CUERPO VERTEBRAL DE L2. ....152

FIGURA 53. RELACIÓN DE EDAD/SEXO CON RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE LA DMO DE CV. .... 156

ÁREA RMN:0,570 FIGURA 54. CURVA COR DE LOS RESULTADOS DE RMN. .... 157

FIGURA 55. CURVA COR DE LOS RESULTADOS DE TAC GSI. .... 157

FIGURA 56. COMPARATIVA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN RMN VS TAC GSI, EN EL ANÁLISIS DE FV. .... 159

FIGURA 57. CURVA COR DE LOS RESULTADOS DEL MODELO. .... 177

FIGURA 58. CURVA COR DE LOS RESULTADOS DEL MODELO 5. .... 184

FIGURA 59. MONOGRAMA DE FAGAN PARA MODELO 5. .... 187

FIGURA 60. FIGURA 56. CURVA COR DE LOS RESULTADOS DE DXA. .... 187

FIGURA 61. CURVA COR DE LOS RESULTADOS DE TAC 2B WATER. .... 190



**Universidad de Valladolid**

FIGURA 62. NOMOGRAMA DE FAGAN PARA NUEVA PRUEBA TAC GSI 2B WATER..... 192

FIGURA 63. ROI UTILIZADA COMO NUEVO PARÁMETRO DE REFERENCIA. TAC 2B WATER . ..... 193

FIGURA 64. DATOS DE 14 VARIABLES Y 16 PACIENTES..... 254

FIGURA 65. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 17 A 32. ... 255

FIGURA 66. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 33 A 48. ... 256

FIGURA 67. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 49 A 64. ... 257

FIGURA 68. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 65 A 81. ... 258

FIGURA 69. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 82 A 98. ... 258

FIGURA 70. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 98 A 115. . 259

FIGURA 71. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 116 A 132. .... 260

FIGURA 72. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 133 A 149. .... 261

FIGURA 73. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 150 A 166. .... 262

FIGURA 74. DATOS DE LAS 14 VARIABLES DE LOS PACIENTES 166 A 170. 262

FIGURA 75. DATOS DE LAS VARIABLES HPA - WATER TOTAL Y REGIONES DE INTERÉS DE LOS PACIENTES 1 A 17. .... 263

FIGURA 76. DATOS DE LAS 13 ÚLTIMAS VARIABLES (DE LAS 41 EN TOTAL) DE LOS PACIENTES 1 A 17..... 264



LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Factores de riesgo de la osteoporosis. ....	25
Tabla 2. Factores de riesgo de Fracturas. ....	25
Tabla 3. Medicamentos que pueden estar asociados a la reducción de la masa ósea en adultos.(49).....	26
Tabla 4. Sistema de clasificación de FV según Magerl (Modificada por la AO Spine). 40	
Tabla 5. Sistema TLICS. (94).....	41
Tabla 6. Comparación de pruebas utilizadas para el diagnóstico de FV. Tomado de Vertebral Fractures: Clinical Importance and Management.(47).....	46
Tabla 7. Criterios diagnósticos de la OMS para la osteoporosis. (101) .....	49
Tabla 8. Estadísticos Descriptivos.....	91
Tabla 9. Pruebas estadísticas para analizar la relación entre variables según los objetivos de la investigación. ....	93
Tabla 10. Descripción de la muestra del estudio de caso. ....	106
Tabla 11. Estrategia terapéutica según la clasificación de Fielding-Hawkins. ....	122
Tabla 12. Estadísticos descriptivos para N= 170.....	123
Tabla 13. Estadísticos descriptivos para N=170 Regiones de interés HAP. ....	124
Tabla 14. Estadísticos descriptivos para N=170 de las regiones de interés Wáter.....	125
Tabla 15. Descripción de variables FRACTURAS PREVIAS*SEXO.....	126
Tabla 16. Descriptivo variables nivel medido*SEXO.....	126
Tabla 17. Descriptivo variables Vertebrae Fracturadas*SEXO .....	129



**Universidad de Valladolid**

Tabla 18. Descriptivo variables Tipo de Fractura según AO*SEXO.....	130
Tabla 19. Descriptivo variables Mecanismo Lesional*SEXO.....	132
Tabla 20. Descriptivo variables FÁRMACOS*SEXO.....	132
Tabla 21. Descriptivo variables Escala Analógica*SEXO. Primera valoración en consulta.....	133
Tabla 22. Descriptivos Variables del Índice de Fragilidad Modificado*SEXO. ....	134
Tabla 23. Descriptivo variable Tratamiento.....	135
Tabla 24. Frecuencia variable RMN N=170. ....	136
Tabla 25. Frecuencia variable TAC GSI N=170. ....	136
Tabla 26. Descriptivo variables Conclusión DXA CV*SEXO.....	137
Tabla 27. Descriptivo variables RMN*SEXO. ....	138
Tabla 28. Descriptivo variables TAC GSI*SEXO.....	139
Tabla 29. Estadísticos descriptivos N=25. ....	141
Tabla 30. Frecuencia Conclusión CV N=25.....	142
Tabla 31. Frecuencia TAC GSI N=25.....	142
Tabla 32. Frecuencia RMN N = 25. ....	143
Tabla 33. Descriptivo Variables del Índice de Fragilidad Modificado*SEXO.....	144
Tabla 34. Descriptivo FRACTURAS PREVIAS*SEXO.....	144
Tabla 35. Descriptivo variables FÁRMACOS*SEXO.....	145
Tabla 36. Descriptivo variables Escala Analógica*SEXO.....	145



**Universidad de Valladolid**

Tabla 37. Descriptivo variables Nivel medido*SEXO.....	145
Tabla 38. Prueba T para muestras independientes. ....	147
Tabla 39. Prueba de muestras independientes pacientes con y sin fracturas previas... ..	148
Tabla 40. Descripción variables Vertebrae Fracturadas*Conclusión CV (DXA).....	152
Tabla 41. Medidas simétricas. ....	153
Tabla 42. Medidas simétricas. ....	154
Tabla 43. Prueba de muestras independientes. ....	155
Tabla 44. Descripción variables Edad*conclusiónCV. ....	155
Tabla 45. Edad*sexo.....	156
Tabla 46. Asociación variables Tratamiento* Fracturados. ....	159
Tabla 47. Medidas simétricas. ....	160
Tabla 48. Relación variables EDAD_Intervalos*Conclusión CV*Tratamiento.....	160
Tabla 49. Asociación variables IMC_30*Conclusión CV*Tratamiento.....	162
Tabla 50. Asociación Variables del Índice de Fragilidad modificado*Conclusión CV*Tratamiento. ....	164
Tabla 51. Resumen de procesamiento de casos.....	166
Tabla 52. Medidas simétricas Primer mes de revisión. ....	166
Tabla 53. Medidas simétricas para revisión tercer mes.....	169
Tabla 54. Medidas simétricas para revisión 6to mes.....	170
Tabla 55. Medidas simétricas para el 12avo mes de revisión. ....	171



**Universidad de Valladolid**

Tabla 56. Resumen de procesamiento de casos.....	172
Tabla 57. Codificaciones de variables categóricas.....	173
Tabla 58. Clasificación a,b,c. ....	173
Tabla 59. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo.....	174
Tabla 60. Clasificación a. ....	175
Tabla 61. Variables en la ecuación f.....	176
Tabla 62. Área bajo la curva.....	177
Tabla 63. Resumen de procesamiento de casos.....	178
Tabla 64. Codificaciones de variables categóricas.....	178
Tabla 65. Clasificación a,b,c. ....	179
Tabla 66. Las variables independientes de la ecuación paso 0.....	179
Tabla 67. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo.....	180
Tabla 68. Resumen del modelo. ....	181
Tabla 69. Clasificación a. ....	181
Tabla 70. Variables en la ecuación.....	182
Tabla 71. Área bajo la curva.....	184
Tabla 72. Resumen de procesamiento de casos.....	185
Tabla 73. ProbProp_0,2233*Conclusión CV. ....	185
Tabla 74. Pruebas de chi-cuadrado.....	186
Tabla 75. Variables de resultado de prueba: DXA CV. ....	189



**Universidad de Valladolid**

Tabla 76. Descriptivo variables DXA_0,91*Conclusión CV. ....	189
Tabla 77. Área bajo la curva.....	191
Tabla 78. Resumen de procesamiento de casos.....	191
Tabla 79. Prueba de MacNemar. ....	191
Tabla 80. Descriptivo variables TAC 2B W_60,12.....	193
Tabla 81. Resultados de DXA. ....	194
Tabla 82. Descriptivo variables FRACTURAS PREVIAS*TAC2BW_60,12. ....	194
Tabla 83. Medidas simétricas. ....	195
Tabla 84. Tabla cruzada Grado de satisfacción y revisión primer mes.....	249
Tabla 85. Tablas cruzadas de las variables Tratamiento, grado de satisfacción y revisión tercer mes.....	250
Tabla 86. Tabla cruzada de las variables grado de satisfacción, tratamiento y revisión en el 6to mes.....	251
Tabla 87. 1.1.1 Tabla cruzada de las variables grado de satisfacción, tratamiento y revisión en el 12avo mes. ....	252
Tabla 88. EDAD_Intervalos*IMC_30*Conclusión CV*SEXO. ....	265



## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.

### A

A	Aguda.
A/SA	Aguda/subaguda.
ACP	American College of Physicians.
ACV	Accidente cerebrovascular.
AINES	Antiinflamatorios no esteroideos.
ANOVA	Análisis de varianza unidireccional.
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen.
Ap	Anteroposterior.
AUC	Área bajo la curva.

### B

BMC	Bone mineral component.
-----	-------------------------

### C

Ca	Calcio.
CF	Cuello femoral.
Cm	Centímetro.
CSHA-FI	Canadian Study of Health and Aging Frailty Index.
CV	Cuerpo vertebral.

### D

D	Segmento dorsal.
DE	Desviación Estándar
DM	Diabetes mellitus.
DMO	Densitometría ósea.
DXA	Absorciometría por rayos X con energía dual.
DWI	Imágenes ponderadas por difusión.

### E

E.	Especificidad.
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
EPOS	European Prospective Osteoporotic Study.



**Universidad de Valladolid**

EVA Escala visual analógica.  
EVOS European Vertebral Osteoporosis Study.

**F**

FN Falsos negativos.  
FP Falsos positivos.  
FT Fémur total  
FRACT Fracturada.  
FRAX Algoritmo de riesgo de fractura de la OMS.  
FV Fractura Vertebral.  
FVC Fractura Vertebral por Compresión.  
FVO Fractura Vertebral Osteoporótica.

**G**

GLOW Longitudinal Global Osteoporosis in Women.  
Gr Gramos.  
GSI Gemstone Spectral Imaging.

**H**

HAP Hidroxiapatita.  
HCUV Hospital Clínico Universitario de Valladolid.  
H-MRS Espectroscopia de resonancia magnética.  
HPTP Hiperparatiroidismo primario.  
HTA Hipertensión arterial.  
HURH Hospital Universitario Del Rio Hortega.

**I**

IC Intervalo de confianza.  
IFm Índice de Fragilidad modificado.  
IMC Índice de Masa Corporal.

**J**

**K**

Kg Kilogramo.  
Kv Kilovoltaje.  
Kvp Kilovoltaje máximo.

**L**

L Segmento lumbar.



**Universidad de Valladolid**

**M**

M	Metro.
Ma	Miliamperaje.
Mm	Milímetro.
Mg	Miligramo.

**N**

N	Muestra.
NF Kappa	Factor nuclear potenciador de las cadenas ligeras kappa.
NOF	Fundación Nacional de Osteoporosis.
NRS	Escala de clasificación numérica.

**O**

ODI	Índice de discapacidad de Oswetry.
OMS	Organización Mundial De la Salud.
OP	Osteoporosis.
OR	Odds ratio.

**P**

PCR	Proteína C reactiva.
PIETI	Implante de titanio expandible intravertebral percutáneo.
PLC	Complejo ligamentario posterior.
PMMA	Polimetilmetacrilato.
PTH	Parathormona.
PREV	Previas.

**Q**

**R**

RANKL	Ligando de receptor activador para el factor nuclear $\kappa$ B.
-------	--



**Universidad de Valladolid**

RO	Remodelado óseo.
ROC	Receiver Operator Characteristics.
ROI	Regiones de interés.
RMN	Resonancia Magnética Nuclear.
RR	Riesgo Relativo.
Rx	Radiografía.
<b>S</b>	
S	Sensibilidad.
Seg	Segundos.
SER	Sociedad Española de Reumatología.
SDI	Índice de Deformidad de la Columna.
SOF	Study of Osteoporotic Fractures.
SPSS	Software de análisis estadístico.
SRS 22	Scoliosis Research Society.(Test)
STIR	Short Inversión Time Inversión Recovery.
<b>T</b>	
T	Tesla.
TAC	Tomografía Axial Computarizada.
Tc 99m MDP	Tecnecio 99 metaestable.
TLICS	Thoraco Lumbar Injury Classification System.
T Score	Número de desviaciones estándar con respecto al valor medio de la población de 20 a 39 años del mismo sexo.
<b>U</b>	
URO	Unidad de Remodelado óseo.



**Universidad de Valladolid**

**V**

Vs	Versus.
VSG	Velocidad de sedimentación globular.
VN	Verdaderos negativos.
VP	Verdaderos positivos.
VPP	Valor predictivo positivo.
VPN	Valor predictivo negativo.

**W**

W	Water.
---	--------

**X**

**Y**

**Z**

Z score	Diferencia entre el valor de la DMO para los sujetos de la misma edad y sexo
---------	--



**ESTIMACIÓN DE DENSIDAD MINERAL ÓSEA  
MEDIANTE ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON  
PROTOCOLO GSI. CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA**

Autor: **D. Gregorio de Jesús Labrador Hernández**

Tutor: D. César David Noriega González

Fecha: Julio 2023

**RESUMEN**

La idea de este trabajo de investigación se ha centrado en plantear una solución a un problema que día a día aumenta su prevalencia y afecta tanto a hombres como a mujeres sin distinción etaria. El riesgo de sufrir una fractura, es el principal resultado clínico de la osteoporosis. Las fracturas vertebrales representan el sello distintivo de ellas, con una prevalencia calculada entre el 35 y el 50% en mujeres mayores de 50 años, por lo que se hace fundamental identificar una fractura vertebral osteoporótica, para así ofrecer un tratamiento inmediato y evitar complicaciones que van desde el dolor incapacitante, hasta la muerte producida por compresión medular. Se estudiaron el 100% de los pacientes que acudieron con Fractura vertebral (FV) al servicio de urgencias del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, que refirieron dolor lumbar o traumatismo lumbar, desde agosto del 2020 a agosto del 2021 con posterior seguimiento de un año tras el tratamiento definitivo, ya sea conservador o quirúrgico, y utilizando una herramienta validada de evaluación de la fragilidad, donde se exploran 11 parámetros clínicos. Se utilizó una prueba que se realiza de manera rutinaria a pacientes que sufren una FVO como es el TAC utilizando su herramienta GSI y que iguale los resultados obtenidos en las diferentes pruebas que sirven como complemento diagnóstico en la identificación y planificación y tratamiento de la FVO. Utilizamos criterios patomorfológicos para definir las FV, permitiendo establecer categóricamente según el mecanismo de la lesión, para así identificar el grado de inestabilidad y valorar el pronóstico de curación y posible tratamiento. A través de Regresión Logística Binaria se logró encontrar una prueba que permitiera diagnosticar osteoporosis tal como lo hace DXA. Mediante el estadístico C (curva ROC) se estableció el punto de corte teórico de la nueva Prueba TACGSI2Bwater. Se calculó la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos positivos para estimar pacientes osteoporóticos. Con esta prueba se determinó que la presencia de agua en la vértebra medida, clasifica a los pacientes con un 75% de certeza. Pudiendo ser utilizada como herramienta diagnóstica de dicha patología en el futuro.

**Palabras clave:** Osteoporosis, TAC-GSI, Fractura vertebral, DXA, sensibilidad, especificidad, razón de verosimilitud, Cor (AUC).



## **INTRODUCCIÓN**

La aparición de una FV con su consecuente diagnóstico y tratamiento es muy importante en el manejo de pacientes osteoporóticos, ya que resulta en un aumento en el riesgo de experimentar un nuevo incidente de FV y otras fracturas por fragilidad. Las mujeres con una FV previa tienen un riesgo de 4 a 5 veces más elevado de sufrir una nueva FV; este riesgo aumenta con el número de fracturas prevalentes al inicio y se demostró que es independiente de la DMO. (1)

Esto nos llevaría a estudiar los pacientes con y sin FV y su asociación con la presencia o no de OP y su relación con otras variables que según las investigaciones tienen que ver o no con la enfermedad como lo son edad, sexo, índice de masa corporal, diversas patologías presentes al momento del diagnóstico, la cantidad de fármacos que se consumen, el número de fracturas y el tipo de fractura; es decir, caracterizar la muestra de estudio en función de los resultados de las investigaciones que se han venido realizando sobre OP. Así mismo, su diagnóstico con las pruebas establecidas y los factores de riesgo asociados que están catalogados en la actualidad.

Actualmente, el estudio de la osteoporosis (OP) se lleva a cabo desde los centros de atención primaria por medio del médico de atención primaria, que en muchas ocasiones debido a la alta presión asistencial no realiza de rutina una identificación en la población general de las personas afectadas por dicha patología. Se infraestima el estudio de la OP en hombres, sólo diagnosticándola cuando se pone de manifiesto la complicación mayor de la OP: la fractura vertebral.(2)

Aunque existen diversas pruebas para diagnosticar la osteoporosis que van desde la evaluación clínica hasta las pruebas de laboratorio, pasando por las que miden la calidad, que incluye todo aquel factor que interfiere en la fragilidad del hueso, independientemente de la cantidad de masa ósea (unas menos invasivas y otras más específicas: Rx, RMN, DXA, TAC, ultrasonido) y dado que la medición de la masa ósea en general y del cuerpo vertebral (CV) afectado en particular son los indicadores pilares junto a la presencia o no de FV en los pacientes, se requiere un análisis exhaustivo y minucioso de esas dos categorías. Por ello, es imprescindible encontrar una metodología de diagnóstico que permita clasificar los sujetos con y sin OP y FV que se equipare a las pruebas existentes convencionales. Aunque las investigaciones indican que el diagnóstico



## Universidad de Valladolid

de osteoporosis basado en  $T \text{ Score} \leq -2,5$  es y debe seguir siendo una forma importante de identificar a un individuo con un mayor riesgo de fractura (3). Se podría buscar otra alternativa diagnóstica tomando en cuenta que, durante el proceso de la osteoporosis, se produce una alteración del equilibrio entre la formación y la resorción ósea, a favor de esta última.

Analizar más a fondo el equilibrio que se da en el proceso de la osteoporosis y sabiendo que la resorción ósea, en su fase de resolución, los osteoclastos actúan acidificando el medio disolviendo así los cristales de hidroxiapatita cálcica del hueso, y en su última fase comienza la mineralización del mismo gracias a los cristales de hidroxiapatita (estas fases intervienen en el remodelado óseo: el cual permite sustituir un tejido óseo deteriorado por uno nuevo, asegurando la disponibilidad de los nutrientes necesarios para un adecuado funcionamiento como el calcio y el fósforo), en este estudio sería relevante encontrar la cantidad de hidroxiapatita contenida en el cuerpo vertebral medido en la muestra de estudio para así ver su relación con la OP y la FV, realizar mediciones de la cantidad de agua contenida en esa vértebra y estudiar esas mismas relaciones. Para ello se realiza un estudio exploratorio preliminar: Estudio de caso, cuyo objetivo principal es encontrar un método que permitiera tratar las fracturas vertebrales por compresión FVC en general y las vertebrales lumbares en particular (objetivo central de la investigación) y evaluar la eficacia de ese procedimiento en la reducción de fracturas anatómicas, un método basado en reconstrucciones de TAC con cortes en 3D. Este estudio de caso permitió el análisis del comportamiento del cuerpo vertebral en su totalidad y en diferentes posiciones a través de superposiciones pre y postoperatoria, llevando a seleccionar y perfeccionarlo con el uso de las regiones de interés de cada CV a través del uso de TAC GSI.

Es fundamental identificar una fractura vertebral osteoporótica (FVO), para así ofrecer un tratamiento inmediato y evitar complicaciones que van desde el dolor incapacitante, hasta la muerte producida por compresión medular. (3)

En virtud de lo anterior, en este trabajo luego de identificar una FVO, de estudiar su relación con la presencia de OP o no a través de las variables citadas en párrafos precedentes, así como analizar la fragilidad como un diagnóstico relativamente nuevo que se caracteriza por la disminución de la función fisiológica aumentando el riesgo de aparición de lesiones y que ocurre a diferentes ritmos según el paciente, sus patologías,



## Universidad de Valladolid

calidad de vida y antecedentes previos, entre otros, se podría aplicar según la fragilidad (IFM), un tipo de tratamiento específico para los pacientes, estudiar la evolución del sujeto antes, durante y al finalizar y ver su grado de satisfacción según el tratamiento definitivo indicado. Esta situación lleva a realizar un estudio minucioso de las investigaciones donde se reporte la utilización de tratamientos específicos (convencional y quirúrgico) y procedimientos diagnósticos (Rx, RMN, TAC, TAC con 3D) en una parte de la columna vertebral como lo es las cervicales (C1-C2) para poder seleccionar los acuerdos con FVO que permitan aliviar el dolor y prevenir el desarrollo de déficits neurológicos a futuro en los pacientes.

El TAC no solo permite valorar la fractura vertebral también permite estudiar la morfología del raquis total. Por tal motivo se realiza una revisión narrativa de una patología aunque rara, en ocasiones puede ser mortal, como es la subluxación rotatoria C1-C2. La subluxación rotatoria no traumática de C1 sobre C2 es una rara condición debida a infecciones o traumatismos directos que producen descalcificación del arco anterior del Atlas con posterior laxitud del ligamento transversal anterior entre Atlas y axis. La importancia del reconocimiento de dicha patología radica en disminuir o impedir la producción del daño neurológico que puede surgir como consecuencia de la no identificación y por ende de no ofrecer un tratamiento oportuno a dicha lesión evolucionando negativamente. El retraso diagnóstico dificulta la reducción de la articulación Atlantoaxoidea dislocada, pudiendo ser extremadamente compleja, precisando de varias semanas de tracción craneal. Por tal motivo se realiza una búsqueda estructurada en las bases de datos de scopus, Medline (Pubmed) y web of science (WOS), buscando “C1-C2 atlantoaxoidea, ataltoaxial, and rotatory and instability OR subluxation or dislocation, encontramos que el síntoma más frecuente es el dolor cervical acompañado por tortícolis con rigidez de nuca en ocasiones el dolor puede irradiar la región occipital cara y orejas punto a la exploración física suele encontrarse espasmos musculares en la musculatura cervical e imposibilidad de corrección voluntaria de la misma.(4)

Por medio de este estudio, nos permite identificar la importancia que tienen las pruebas de imagen en el diagnóstico de las lesiones del raquis. Partiendo desde la radiografía simple en su visión AP (con boca abierta) y Lateral se puede identificar el



## Universidad de Valladolid

desplazamiento de la apófisis odontoides (5). Aunque no está exenta de fallos debidos a la posición de la cabeza y a limitación del rango del movimiento pueden llevar a errores en la interpretación. Seguido del TAC, que permite identificar la rotación de C1 sobre C2, exponiendo la faceta articular superior de C2. Siendo la RMN el gold estándar, ya que puede realizarse sin apenas riesgos de radiaciones ionizantes detectando edema en la Articulación C1-C2. Así mismo, permite identificar otros factores etiológicos capaces de producir dicha patología.(4,6,7)

El problema de estudio se genera a raíz de la búsqueda de una solución eficaz, efectiva y eficiente, que no sólo permita identificar una FVO, sino que sirva como herramienta para valorar el comportamiento del cuerpo vertebral, el tipo de fractura, ver su cronología, el tratamiento específico y cuantificar la densidad mineral ósea presente en las regiones de interés partiendo de lo aplicado en el estudio de caso preliminar al utilizar el TAC 3D para valorar el comportamiento del CV en distintas posiciones lo que implicaría la utilización de TAC GSI y análisis de los CV a fin de cuantificar su volumen. De allí surge la idea de ampliar los estudios realizados por diferentes investigadores varios años atrás (8,9) y utilizar una prueba que se realiza de manera rutinaria a pacientes que sufren una FVO como es el TAC utilizando su herramienta GSI y que igualen los resultados obtenidos en las diferentes pruebas que sirven como complemento diagnóstico en la identificación y planificación y tratamiento de la FVO como lo es DXA y RMN. Por tanto, los objetivos que se plantean en la investigación son los siguientes:



## **OBJETIVOS**

### **1.1 General**

Estimar la densidad mineral ósea mediante estudio de TAC con protocolo GSI.

### **1.2 Específicos**

1. Estudiar el comportamiento del CV en distintas posiciones aplicando TAC con cortes 3D en tres pacientes con FVC.
2. Describir las diferentes pruebas y tratamientos que existen en la literatura que permitan diagnosticar y estudiar algunas de las patologías de la columna vertebral cervical.
3. Comparar los resultados obtenidos en el TAC GSI con los obtenidos en la DXA
4. Demostrar la capacidad que tiene el TAC GSI de cuantificar la densidad mineral ósea.
5. Comparar los resultados obtenidos en el TAC GSI con los obtenidos en la RMN.
6. Demostrar la capacidad que tiene el TAC GSI como herramienta diagnóstica de fracturas vertebrales agudas.
7. Encontrar una correlación estadísticamente significativa entre las mediciones obtenidas en la RMN (Agua), demostrando la utilidad y beneficios del TAC – GSI para medir cronología de la fractura respecto al patrón oro actual (RMN).
8. Encontrar una correlación entre la fragilidad y el tipo de tratamiento de un paciente diagnosticado con OP y FV.

## MARCO TEÓRICO

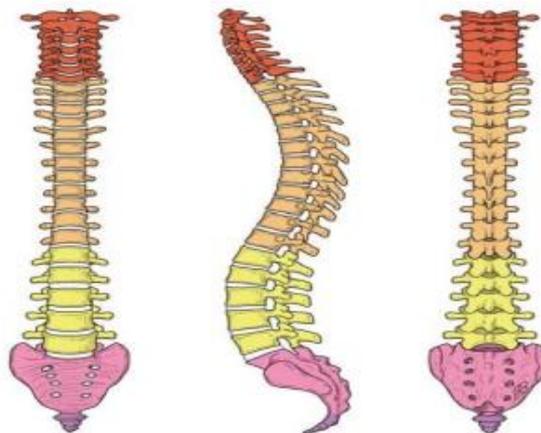
### Presentación

En este capítulo se presentan los elementos teóricos que sustentan la investigación. Primeramente, se muestra la teoría en la que se enmarca el estudio como lo es la columna vertebral, la osteoporosis: concepto y epidemiología, la osteoporosis en el varón, las fracturas vertebrales (FV) y el tratamiento de las fracturas vertebrales. Se reseñan algunas investigaciones que se han venido realizando sobre el tema y que sirven de apoyo al trabajo. Finalmente se muestran las hipótesis de investigación.

### 1.3 La Columna Vertebral

#### 1.3.1 Anatomía Ósea Vertebral

La columna vertebral es un tallo óseo longitudinal, flexible y resistente localizado en el centro de nuestro cuerpo; sosteniendo la cabeza hasta la pelvis que la soporta. Envuelve y protege a la médula espinal, contenida en el conducto raquídeo. Se compone de 32 a 34 vértebras, dividida en 7 cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares, 5 sacras y de 3 a 5 coccígeas.



(Figura 1).

*Figura 1. Visión anteroposterior y lateral de la columna vertebral con sus diferentes segmentos.*

Normalmente es rectilínea en el plano coronal, mientras que en el plano sagital presenta varias curvas fisiológicas. La columna cervical y lumbar presenta una disposición



## Universidad de Valladolid

lordótica mientras que la columna dorsal y sacrococcígea tiene una disposición cifótica.

(1)

Anatómicamente las vértebras presentan una porción anterior abultada llamada cuerpo vertebral (CV); un arco óseo que delimita junto con la cara posterior del cuerpo vertebral, el canal vertebral o raquídeo compuesto por pedículos (dirigidos hacia delante) y láminas (dirigidas hacia atrás); un saliente medio posterior que son las apófisis espinosas, y 4 prominencias verticales denominadas apófisis articulares. Los pedículos presentan bordes escotados cóncavos limitando tanto por arriba como por abajo con el resto de pedículos y formando los denominados agujeros de conjunción o forámenes, que van aumentando de tamaño de forma regular de arriba hacia abajo hasta la quinta vértebra lumbar. (2)

Los cuerpos vertebrales, según su segmento, muestran gran variación en su configuración. Vemos, por ejemplo, que dentro de las vértebras cervicales, el atlas carece de cuerpo vertebral. El axis presenta una apófisis odontoides que la diferencia de las demás vértebras. El resto de vértebras cervicales presentan un cuerpo cuyo volumen es inferior al de las vértebras de la columna dorsolumbar. En virtud de que en este trabajo se hace un estudio (preliminar A.2) sobre la subluxación rotatoria de C1 sobre C2, se hace necesario mencionar algunos índices teóricos que permitirían entenderlo mejor y mirar su proyección hacia la temática central de la investigación que se presenta en este informe.

La subluxación atlantoaxial es un trastorno de la columna cervical, a nivel de las vértebras C1 y C2, que provoca una alteración de la rotación del cuello debido a que la faceta anterior de C1 está fija a la faceta de C2. Además, la hiperemia es la causa modelo patógena más aceptada. Esta es una situación posterior a infecciones o traumatismos quirúrgicos que conducen a la descalcificación del arco anterior del atlas y la laxitud del ligamento transversal anterior entre el atlas y el axis (10).

La articulación atlantoaxial C2 con el arco anterior de C1 permite 50-60% de rotación lateral cervical. En esta articulación, las facetas articulares superiores del atlas son cóncavas en ambas direcciones y ovaladas; están orientados hacia arriba y hacia adentro, para acomodar los cóndilos occipitales, cuyas caras articulares son ovaladas y convexas caudalmente. La articulación atlantoaxial medial se clasifica como una diartrosis sinovial de tipo trocoide. En su conjunto presenta tres ejes de movimiento con tres grados de libertad, aunque destaca su amplio rango de movimiento de rotación. No hay discos



## Universidad de Valladolid

intervertebrales entre el occipital y el atlas y entre el atlas y el eje. Este diseño específico de la articulación C1-C2 es responsable de movimientos precisos e importantes que nos permiten realizar acciones precisas, tanto en la vida normal como laboral. Esta articulación realiza movimiento angular (flexión y extensión), rotación (derecha e izquierda) y movimiento lineal y traslación (anterior y posterior, derecha e izquierda). Cuando la odontoides es normal, el movimiento anterior de la vértebra del eje (C2) está restringido por el arco anterior del atlas (C1). El movimiento posterior está limitado por el ligamento cruzado, en gran parte por el ligamento transversal (10).

Es importante reconocer que esta patología es una emergencia clínico-quirúrgica, pudiendo causar daño neural severo, secuelas a largo plazo e incluso la muerte si no se trata de inmediato. El tiempo entre la lesión y la reducción es clave, ya que está directamente relacionado con la capacidad (facilidad) de reducir la articulación y el pronóstico (10).

Las vértebras dorsales presentan menos variación anatómica que las cervicales. El volumen del cuerpo vertebral está incrementado caudalmente por un factor de 2 desde T1 a T12. Se observa una considerable variación en el tamaño y orientación de los pedículos de dichas vértebras (11). Los pedículos de las vértebras inferiores son relativamente grandes y están orientados en un eje casi sagital. Según se asciende cranealmente se evidencia una disminución progresiva del tamaño de los pedículos. La orientación se mantiene hasta las vértebras torácicas superiores donde se evidencia una orientación oblicua interna. Las vértebras de la región lumbar presentan un cuerpo voluminoso y mayor eje transversal.

El canal vertebral es de forma triangular y sus 3 lados son casi iguales. Muestran escasa variación en su tamaño. Los pedículos superiores tienen una orientación similar a la de las vértebras dorsales inferiores, pero caudalmente van adquiriendo una orientación oblicua evidenciándose al máximo a nivel de L5.

Las vértebras sacras y coccígeas se encuentran fusionadas. El sacro está centrado entre los dos huesos iliacos. Se describen en él 4 caras, una base y un vértice, forma con la columna lumbar un ángulo obtuso, saliente hacia adelante denominado ángulo sacro vertebral anterior o promontorio.

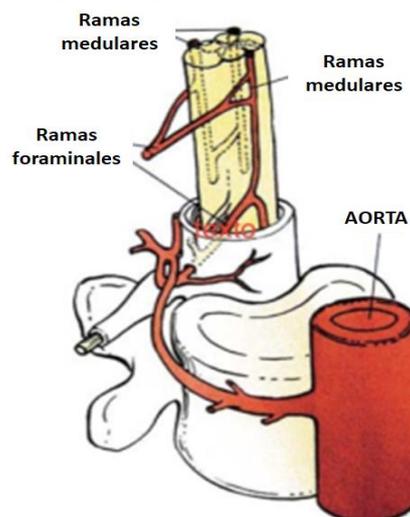
La columna vertebral no tiene una forma rectilínea sino que describe 4 curvaturas en el plano sagital. La curvatura cervical es convexa hacia adelante; la dorsal

## Universidad de Valladolid

es cóncava hacia adelante; la lumbar es convexa en el mismo sentido y finalmente la sacrococcígea tiene su concavidad dirigida hacia delante. Las curvaturas sagitales le ofrecen a la columna vertebral resistencia y elasticidad. (Figura 2)

### 1.3.2 Vascularización Vertebral

El aporte arterial de la columna vertebral viene dado por las ramas de la arteria aorta que se distribuyen por los márgenes laterales de las vértebras, irrigando todo el cuerpo vertebral, el espacio epidural y las raíces nerviosas. La nutrición vascular de la médula espinal varía según los niveles. Se han evidenciado diferentes comunicaciones entre las diversas ramas a lo largo de la región paravertebral. (12) (Figura 2).



*Figura 2. Vascularización de la columna vertebral.*

El sistema venoso vertebral es una red venosa de colaterales sin válvulas que se extienden a través de la columna vertebral, desde el hiato sacro hasta el foramen magno, dónde terminan en el plexo venoso basilar anteriormente y en el seno suboccipital en el lado posterior. (12) (Figura 3).

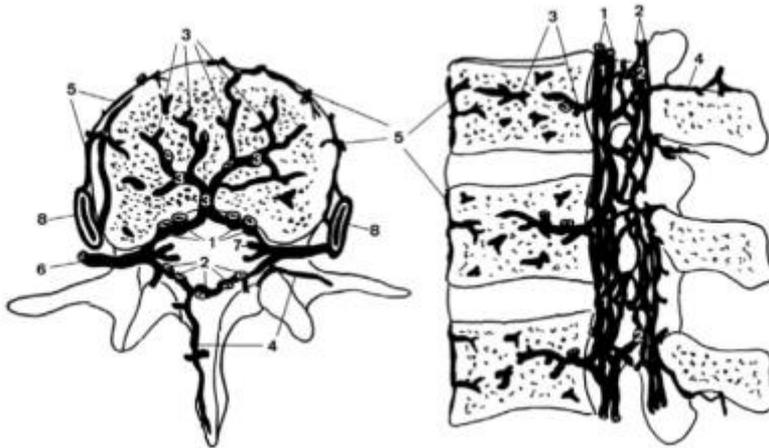


Figura 3. Representación del sistema venoso lumbar.

El sistema venoso vertebral puede dividirse en 3 partes intercomunicadas:

Plexo vertebral venoso interno, anterior y posterior; red venosa epidural que rodea la duramadre dentro del canal espinal.

Esta parte del sistema venoso se nutre fundamentalmente de las venas radicales, y de forma inconsistente por venas del arco posterior.

Venas basicervicales, que son venas pares, que emergen horizontalmente desde la parte anterior del cuerpo vertebral hacia la región posterior de la vértebra y drenan directamente en el plexo vertebral venoso interno.

El plexo venoso vertebral externo, anterior y posterior, rodea la columna vertebral y está conectado con el plexo venoso vertebral interno a través de las venas intervertebrales.

Existen numerosas conexiones a través del sistema de la vena ácigos y de las venas lumbares que comunican el sistema venoso vertebral externo con la vena cava inferior y superior. Se han evidenciado múltiples conexiones con las venas ocultas del plexo venoso sacro. La sangre puede fluir en cualquier dirección debido a la ausencia de válvulas en el sistema venoso vertebral, dependiendo de los cambios en la presión intra torácica e intra abdominal, así como de factores hidrostáticos como los cambios posturales y la fuerza de la gravedad.

El cuerpo vertebral consiste en hueso esponjoso, médula ósea y grasa. La médula ósea y la grasa se encuentran ocupando los canales óseos y estos canales convergen a la vena basivertebral. La médula ósea roja puede considerarse una parte del sistema venoso vertebral.

### 1.3.3 Inervación De La Columna Vertebral

La inervación de la columna vertebral es compleja y muy poco comprendida. Las ramas que inervan la columna vertebral incluyen los nervios espinales, el tronco simpático y las ramas comunicantes, formando un plexo en la superficie de la columna. Se diferencian dos tipos de ramos comunicantes:

- a) la oblicua superficial que conecta el tronco simpático con los nervios espinales de una manera no segmentaria,
- b) la rama profunda transversa que los comunica de una forma segmentaria.(13)

El estudio de las variaciones anatómicas de las terminaciones nerviosas dentro de los cuerpos vertebrales ha sido controvertido, algunos los describen de forma constante, relacionándolos directamente con el dolor vertebral tras una fractura. La inervación sigue fundamentalmente la distribución de los vasos sanguíneos, entrando por la cara posterior de la vértebra junto a los vasos basicervicales, agrupándose en el centro y distribuyéndose por los platillos vertebrales. Algunas de estas fibras contienen sustancia P, sugiriendo relación directa con la nocicepción. (13)

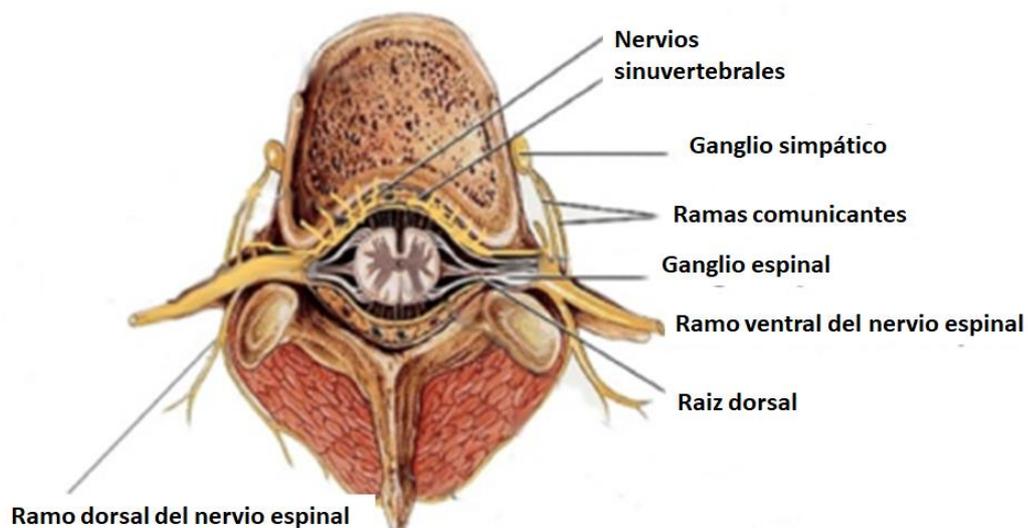


Figura 4. Inervación vertebral.



## Universidad de Valladolid

### 1.3.4 Biomecánica De La Columna

La principal función de la columna vertebral es transmitir las cargas desde la parte superior del cuerpo a las extremidades inferiores a través de la pelvis. Biomecánicamente el raquis se divide en 3 columnas: anterior, media y posterior. La columna anterior y media están preparadas para resistir las cargas axiales que van incrementando su magnitud desde la columna cervical a la columna lumbar. (13). Gracias a que el centro de gravedad del cuerpo humano está situado anterior a la columna se crea un efecto combinado de carga axial de inclinación anterior. (14,15) Figura 5.

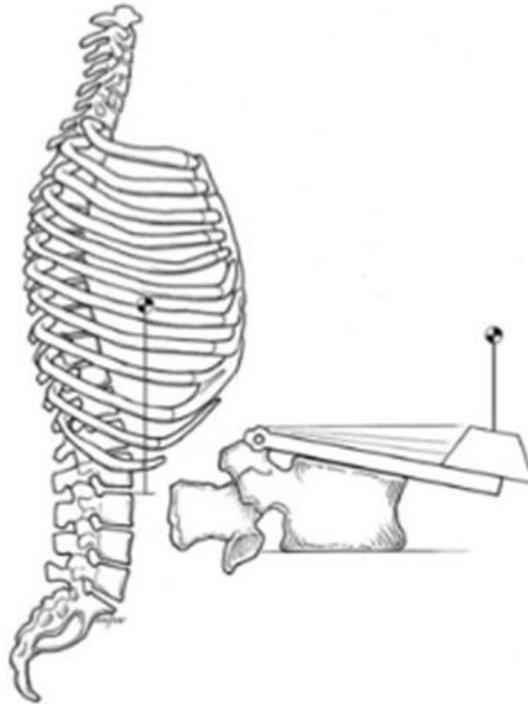
Para que el raquis mantenga su correcta posición, existen fuerzas tensiles generadas por la musculatura paravertebral y los ligamentos localizados en la columna posterior que ejercen un efecto de punto fijo de sostén de palanca sobre la columna media. Las cargas axiales soportadas por la columna anterior se ven incrementadas con la flexión, en situaciones de flexión extrema y dependiendo de la calidad del cuerpo vertebral, se pueden producir fracturas por compresión. Es por esto, que por definición las fracturas por compresión presentan una disrupción de la columna anterior (8).

#### Biomecánica de C1-C2

La columna cervical puede girar hasta 90 grados, con aproximadamente el 50-60 % de la rotación de la articulación atlantoaxial, un movimiento que se ve favorecido por la orientación horizontal de las articulaciones facetarias C1-C2, lo que permite una mayor rotación sin comprometer la estabilidad ósea (16,17). Esta movilidad es promovida por la estructura ligamentosa. El ligamento transversal mantiene la odontoides frente al arco anterior de C1 y previene el movimiento anterior excesivo del atlas sobre el eje durante el movimiento. Los ligamentos alares emparejados que van desde la punta de la odontoides hasta los cóndilos occipitales derecho e izquierdo evitan la subluxación anterior y trabajan con los ligamentos capsulares C1-C2 para resistir el movimiento de rotación excesivo (16,17). Según lo publicado por Roche et al. (17), la hipermovilidad de C1 sobre C2 ocurre cuando la rotación atlantoaxial es mayor de 56 grados o una diferencia

## Universidad de Valladolid

derecha-izquierda mayor de 8 grados. La hipomovilidad se diagnostica cuando el ángulo es inferior a 28 grados (16). En cuanto al diagnóstico y los tratamientos se detallan en estudio preliminar A.2.



*Figura 5. Biomecánica de la columna vertebral. El centro de gravedad se sitúa por delante de la propia columna provocando un aumento de la inclinación de los cuerpos vertebrales.*

### 1.4 Osteoporosis: Concepto y Epidemiología

#### 1.4.1 Osteoporosis

Antiguamente se consideraba la osteoporosis como consecuencia del inevitable proceso del envejecimiento, para el que no existía remedio alguno. Fue en 1940, cuando Albright asoció la osteoporosis con un defecto del anabolismo óseo, y se comienza a considerarla como un trastorno metabólico. (18)

La osteoporosis (OP) es la enfermedad más frecuente en las sociedades modernas. En 1991 se definió la osteoporosis, como “una enfermedad sistémica caracterizada por una



## Universidad de Valladolid

baja masa ósea y una alteración de la microarquitectura esquelética, que tiene como consecuencia un aumento de la fragilidad ósea y, por tanto, del riesgo de fractura”. Posteriormente se observó que no todos los aspectos incluidos en la definición se ajustaban a esta enfermedad. La resistencia ósea refleja la integración entre densidad y calidad ósea. La densidad mineral ósea (DMO) o masa ósea, corresponde al 70% de la resistencia del hueso y se expresa en gramos de mineral por área de volumen, y está determinado por el pico de masa ósea y la cantidad de hueso perdido. Clásicamente se ha sostenido el diagnóstico de osteoporosis en base a una DMO baja. (10)

La resistencia ósea refleja la integración de la densidad y calidad ósea. A su vez la calidad ósea engloba diversas características del tejido óseo relacionadas con la macroarquitectura, la microarquitectura (porosidad cortical, conectividad trabecular), características de recambio óseo (grado de resorción y formación ósea), el grado de mineralización secundaria, la acumulación de microlesiones y enlaces de colágeno.

En los últimos años, gracias a la definición de resistencia ósea, se ha desarrollado el concepto de calidad ósea, que incluye todo aquel factor que interfiere en la fragilidad del hueso, independientemente de la cantidad de masa ósea. Se pueden dividir los componentes de la calidad ósea en componentes estructurales y en aquellos dependientes propiamente del tejido óseo.

Dentro de los estructurales, la microarquitectura es el factor más determinante en la aparición de osteoporosis. La alteración en ella se caracteriza por un cambio en la cantidad y calidad del número de trabéculas siendo más delgadas y en menor cuantía, así como la disminución de conexiones entre ellas. (19)

Es bien conocida, la interdependencia que existe entre la pérdida de masa ósea y la microarquitectura. La pérdida de masa ósea se ve reflejada en la pérdida del hueso cortical y el entramado trabecular. Es importante recordar que la disminución de la resistencia ósea no es solamente explicada por la pérdida de la masa ósea, ya que en muchas ocasiones la disminución de la resistencia es desproporcionadamente grande si sólo se toma en cuenta la pérdida de DMO. (20,21)

Gracias al aumento sustancial de la esperanza de vida, se ha visto reflejado el aumento del envejecimiento en la población, y por ello la incidencia de condiciones asociadas a la edad aumenta, precisando mayor atención y mayores recursos para manejar estas condiciones y las complicaciones asociadas a dicho estado. La osteoporosis, es uno de



## Universidad de Valladolid

ellos, actualmente es un importante problema de salud pública que afecta a cientos de millones de personas en todo el mundo.

Es el trastorno óseo metabólico más prevalente en el mundo, caracterizada por una baja masa ósea, deterioro de la microarquitectura del tejido óseo y disminución de la fuerza ósea, se produce por un desequilibrio entre la formación y resorción ósea, beneficiando a la última. (22)

El desarrollo del hueso alcanza el pico de masa ósea alrededor de los 20-25 años.(23)

El pico de masa ósea va a estar influenciado por factores propios como raciales, hormonales, y genéticos y por agentes externos como la actividad física y la nutrición. Cuando no se alcanza un adecuado pico de masa ósea hay mayor riesgo de padecer osteoporosis en la edad adulta.(24)

La masa ósea adulta resulta de la máxima densidad ósea alcanzada durante la adolescencia y que se mantiene hasta que se producen modificaciones en el ciclo de remodelación ósea, alterando el equilibrio entre los osteoblastos que forman huesos y los osteoclastos de reabsorción ósea.(25)

Las estimaciones actuales de prevalencia calculan que existen aproximadamente 10 millones de personas afectadas en Estados Unidos, ésta podría llegar a aumentar hasta más de 15 millones de adultos mayores de 50 años a partir del año 2025. A nivel mundial hay, aproximadamente 200 millones de mujeres afectadas. Estas cifras van en aumento, debido al aumento de la calidad de vida de la población. Se calcula que para el año 2050 habrá aproximadamente 1555 millones de personas diagnosticadas de osteoporosis. (18)

La osteoporosis afecta a una de cada cuatro mujeres y a uno de cada ocho varones a partir de los 50 años. La incidencia aumenta significativamente en las mujeres después de la menopausia. Actualmente se considera como la enfermedad crónica con mayor prevalencia a nivel mundial, especialmente en mujeres mayores de 65 años.(26)

En el año 2010, se estimó en la Unión Europea aproximadamente 43000 muertes relacionadas con las fracturas osteoporóticas, de los cuales 28% eran producidas por FV. (25)

En España se calcula que existen más de 3,5 millones de personas con osteoporosis, en su mayoría mujeres (existen 10 mujeres osteoporóticas por cada hombre y una de cada tres mujeres mayores de 65 años la padece). Esto es debido a que: a) las mujeres tienen



## Universidad de Valladolid

entre un 10-25% menos de masa ósea que los varones, y b) tras la menopausia pierden hueso más rápidamente que los hombres (alrededor de un 40%). (27)

La prevalencia de osteoporosis lumbar en España, en las mujeres aumenta progresivamente con la edad, desde un 4,3% para el grupo de edad comprendido entre 45 y 50 años, hasta un 40% para las mayores de 70 años (28). En los varones la prevalencia observada de osteoporosis según densitometría ósea es del 8,1% en mayores de 50 años. (29)

La complicación fundamental de la osteoporosis es la fractura. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la fractura osteoporótica (fractura por fragilidad), como aquella causada por un trauma que resulta de una fuerza o torsión que se ejerce sobre el hueso, y que sería insuficiente para fracturar hueso normal, denominado trauma mínimo. (26)

Las estimaciones indican que el 50% de las mujeres y el 20% de los hombres mayores de 50 años experimentarán en algún momento de su vida una fractura relacionada con la osteoporosis; la fractura de cadera es la más catastrófica de ellas debido a las consecuencias que genera como discapacidad, mortalidad y altos costos, tanto personales como sociales. (18,26)

Debido a los cambios demográficos de la población, las estimaciones sugieren una duplicación del número de personas con osteoporosis en los próximos 20 años. Por tal motivo, se prevé un aumento exponencial en el número de fracturas, con un inevitable aumento de la carga financiera para los sistemas de salud: la carga económica total de osteoporosis en la Unión Europea en 2010 se estimó en 45 000 millones de euros (25). La OP está infradiagnosticada y subtratada, particularmente en los mayores de 75 años, en quienes el tratamiento es probablemente más beneficioso y rentable (26).

En el año 1994 la OMS estableció unas definiciones basadas en la comparación de los valores de la DMO del sujeto respecto a unos puntos de referencia. Para ella se establecieron como puntos de referencia: T-Score o puntaje T y el Z-score o puntaje Z. Se define T-score a la diferencia entre el valor de la DMO del sujeto y la media del máximo pico de DMO de la población de la misma raza y sexo. Definiendo como Osteoporosis aquella puntuación con un valor menor o igual a -2,5 desviaciones estándar (DE) del T-score, siendo ésta la utilizada en el estudio de mujeres postmenopáusicas y varones mayores de 50 años. (21,30)

## Universidad de Valladolid

Con este método se establece como normal valores de DMO superiores a -1 DE (T score mayores a -1); Osteopenia valores de DMO entre -1 y -2,5 DE ( T score entre -1 y -2,5); Osteoporosis valores de DMO inferiores a -2,5 DE (T score inferior a -2,5) y osteoporosis establecida cuando se suma a dichas condiciones una o más fracturas osteoporóticas.

En función de ello, la definición de osteoporosis está basada en la masa ósea, existiendo problema metodológico para aplicar dicha definición a los diferentes grupos de estudio (mujeres y varones, niños y adultos jóvenes). En este caso se considera utilizar el Z score. El Z-score o puntaje Z se define como la diferencia entre el valor de la DMO del sujeto y la media de DMO para los sujetos de la misma edad y sexo. Es el utilizado para el estudio de mujeres premenopáusicas y varones menores de 50 años. Cuando se utiliza como referencia la Z-score el punto de corte está en -2 desviaciones estándar.(31)

La DMO es el principal indicador de riesgo de fracturas en mujeres sin fractura previa. El riesgo relativo (RR) de una nueva fractura vertebral se incrementa de 2,0 a 2,4 por cada desviación estándar (DE) de disminución en la DMO, con independencia del sitio de medición.

Numerosos estudios han demostrado que la existencia de fracturas previas incrementa de forma notable el riesgo de padecer nuevas fracturas y el predictor mayor parece ser el número de fracturas prevalentes.(32)

### 1.4.2 Densitometría Ósea (DMO). Figura 6

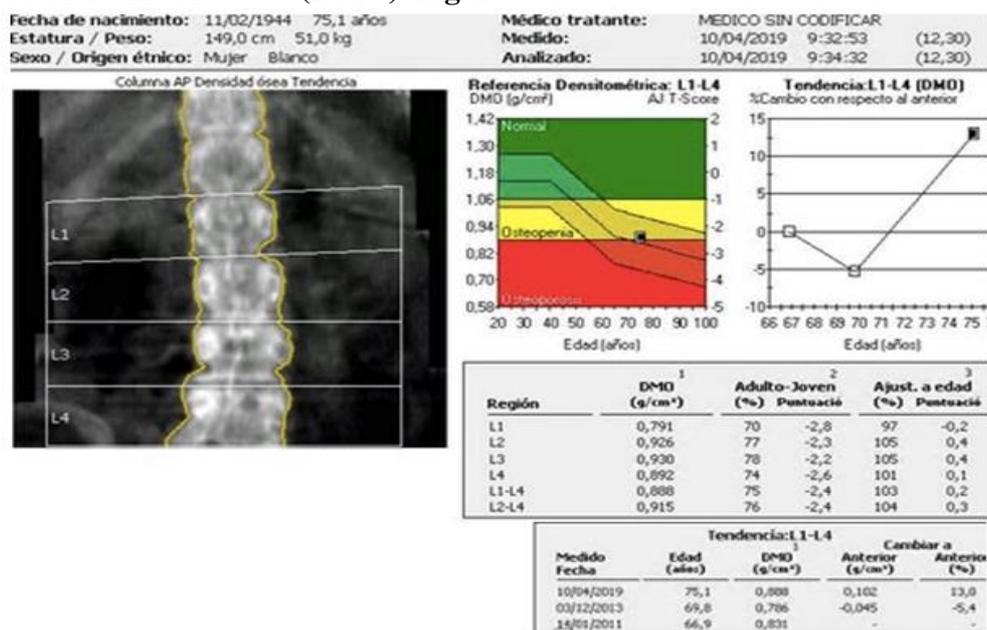


Figura 6. . Imagen de densitometría ósea (DMO) de la columna vertebral.



El diagnóstico de osteoporosis basado en  $T \text{ Score} \leq -2,5$  es y debe seguir siendo una forma importante de identificar a un individuo con un mayor riesgo de fractura. Se recomienda realizar medición de DMO para valorar la salud ósea y definir el riesgo tanto en hombres como en mujeres (33), aunque solo a una pequeña parte de ellos se les da la indicación médica (34).

También es posible que en muchos de los sujetos que se realizan la prueba no sean considerados en el momento con riesgo elevado de fracturas porque sus puntuaciones reflejan osteopenia, teniendo un alto riesgo por edad elevada o antecedentes de fracturas previas, u otro factor de riesgo validado.

Tener el antecedente de una fractura previa, presenta mayor incidencia de riesgo de fracturas futuras. Aunque un paciente mayor con una fractura de cadera puede no ser diagnosticado de osteoporosis a menos que tenga una densidad mineral ósea con una puntuación  $T \leq -2,5$ , y la mayoría de los pacientes con fractura de cadera tienen puntuaciones  $T$  mayores de  $-2,5$ . (35).

Haber sufrido una fractura vertebral previa, presenta mayor riesgo de padecer otra fractura vertebral dentro del primer año (32). Es conocido la relación existente entre presentar otros tipos de fracturas con la asociación de nuevas fracturas (36), alrededor de la mitad de los pacientes con una fractura de cadera ya han tenido una fractura previa (37), sin embargo, el término osteoporosis no se aplica formalmente a menos que el  $T$  score sea  $\leq -2,5$ . La mayoría de las fracturas ocurren en sujetos con baja masa ósea, sin osteoporosis definida según "T-score". (38)

En 2012 la National Bone Health Alliance propuso considerar el diagnóstico de osteoporosis (38), ampliando formalmente los criterios para permitir un diagnóstico de osteoporosis que incluya la presencia de ciertas fracturas de bajo impacto o la determinación de un riesgo elevado de sufrir una fractura usando FRAX (algoritmo de riesgo de fractura de la Organización Mundial de la Salud), sin una puntuación menor o igual de  $T$  score  $-2,5$ .

En primer lugar, mujeres postmenopáusicas y en varones  $> 50$  años con fractura femoral por fragilidad, independientemente del valor de la DMO. Esta población es la misma que se incluye en la Guía Clínica para la Prevención y el Tratamiento de la Osteoporosis que

## Universidad de Valladolid

fue desarrollada por un comité de expertos de la Fundación Nacional de Osteoporosis (NOF):

- Mujeres de 65 años o más y hombres de 70 años o más, independientemente de los factores de riesgo clínico.
- Mujeres posmenopáusicas más jóvenes, mujeres en la transición menopáusica y hombres de 50 a 69 años con factores de riesgo clínico de fractura.
- Adultos que tienen una fractura a los 50 años o después.
- Adultos con una afección (por ejemplo, artritis reumatoide) o que toman un medicamento (por ejemplo, glucocorticoides en una dosis diaria  $\geq 5$  mg de prednisona o equivalente durante  $\geq 3$  meses) asociada con baja masa ósea o pérdida ósea. (39)
- Pacientes con antecedentes de una fractura de bajo impacto, de CV, húmero proximal o de pelvis, si se constata un T-score  $\leq -1$  DE.

Un riesgo estimado mediante la herramienta FRAX<sup>®</sup> de  $\geq 20\%$  para fractura principal (húmero proximal, antebrazo, cadera o fractura vertebral clínica) o un riesgo de  $\geq 3\%$  fractura de fémur, todo ello referido a la población americana.(36)

Este grupo de trabajo de diagnóstico clínico de la Osteoporosis de la National Bone Health Alliance, no ha llegado a un claro consenso con respecto a la fractura de antebrazo distal. La mayoría de los miembros del grupo consideran que deben tenerse en cuenta, las circunstancias de la fractura, la edad del paciente y el nivel de masa ósea antes de diagnosticar al paciente de osteoporosis.

Para definir y clasificar la osteoporosis se pretende identificar a aquellos sujetos susceptibles de padecer fracturas por fragilidad y así poder prevenir tanto dichas fracturas como sus complicaciones, que son las manifestaciones clínicas de la osteoporosis.

Se consideran fracturas por fragilidad, las fracturas del fémur proximal, la columna vertebral, el húmero proximal y en algunos casos el radio distal; requiriendo estos realizar DMO, aunque lo cierto es que se pueden producir en cualquier localización (38)



### **1.4.3 Fisiopatología De La Osteoporosis**

El tejido óseo es una forma especializada de tejido conectivo dinámico y que se encuentra en continua renovación para evitar la acumulación de micro fracturas debida a las sobrecargas mecánicas y así adaptarse a las necesidades fisiológicas del organismo. Las propiedades fundamentales del tejido óseo son la resistencia y la rigidez y sus principales funciones son la de sostén y secundariamente función metabólica. El tejido óseo está formado por distintos tipos de células (las principales son los osteoblastos, osteocitos y osteoclastos) y por una matriz mineralizada. (40)

#### **1.4.3.1 Remodelado Óseo**

Se denomina remodelado óseo (RO) al proceso de renovación del hueso y es llevado a cabo en la unidad de remodelado óseo (URO), que está compuesta por un conjunto de células encargadas de la destrucción de pequeñas áreas del hueso defectuoso y posteriormente sustituirla por hueso nuevo. Dicho remodelado óseo permite sustituir un tejido óseo deteriorado por uno nuevo, asegurando la disponibilidad de los nutrientes necesarios para un adecuado funcionamiento como el calcio y el fósforo. (41)

Se calcula que anualmente el RO renueva un 3,5% del hueso cortical y alrededor de un 30% del hueso trabecular, activando a aproximadamente 2 millones de URO.

Durante el proceso de la osteoporosis, se produce una alteración del equilibrio entre la formación y la resorción ósea, a favor de esta última. (42)

El ciclo completo de remodelado óseo está definido por las siguientes fases:

- Fase de reposo o quiescente.
- Fase de activación; dicha fase de activación de URO puede ocurrir ante una micro rotura o un micro traumatismo, tras activarse una serie de citoquinas por una causa inflamatoria local o debidas al azar. Sea cual sea su causa, se va a producir la activación de los osteocitos para liberar mediadores de membrana actuando sobre células pluripotenciales y desencadenando el proceso de remodelado.

## Universidad de Valladolid

- Fase de resolución ósea: los osteoclastos actúan acidificando el medio disolviendo así los cristales de hidroxapatita cálcica del hueso, favoreciendo la acción de enzimas proteolíticas como la catepsina K y la metaloproteinasas, trayendo como consecuencia excavaciones en el hueso denominadas lagunas de Howship.

- Fase de formación: en esta fase, los osteoblastos sintetizan el componente orgánico de la matriz extracelular.

Fase de mineralización: pasados 10 días desde el inicio del depósito de la matriz extracelular u osteoide, comienza la mineralización del mismo gracias a los cristales de hidroxapatita. (Figura 7)

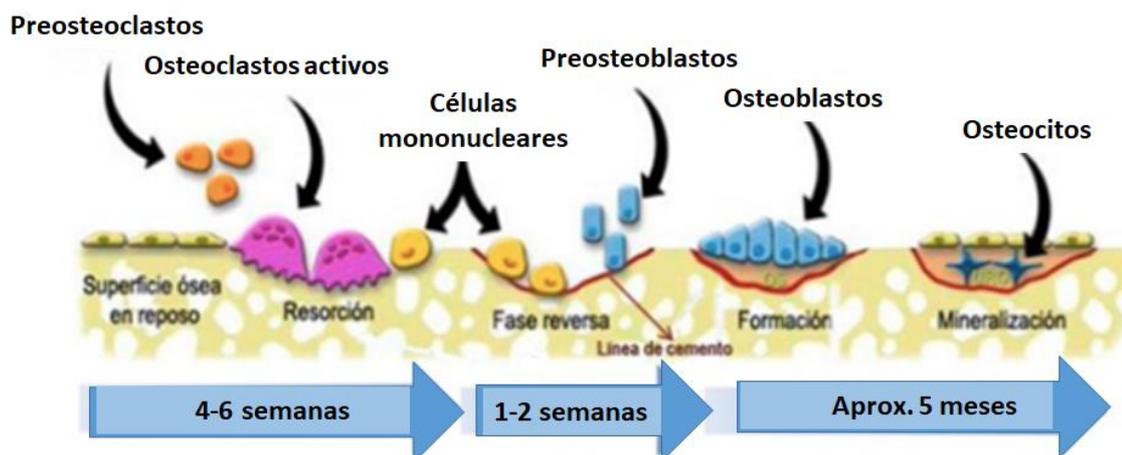


Figura 7. . Fases y tiempos de remodelado óseo.

El recambio óseo se define como el volumen de hueso renovado por unidad de tiempo, mientras que el balance óseo es la diferencia que existe entre el volumen del hueso reabsorbido y el formado en cada unidad de remodelado (43). A partir de los 40 años, el balance óseo comienza a ser negativo, produciendo una pérdida de masa ósea al año estimada entre 0,6 y 0,7%. En los siguientes 5-10 años después de la menopausia, hay un aumento de la pérdida de masa ósea hasta un 3% anual debido al aumento en las unidades de remodelado óseo junto al balance óseo negativo. (44)

### **1.4.3.2 Patogenia De La Osteoporosis**

La calidad del hueso depende del volumen, las propiedades del material óseo y la arquitectura. El volumen es la proporción de hueso ocupada por tejido calcificado; las propiedades del material se refieren a ciertos aspectos intrínsecos, como el tipo de colágeno, la calidad de la renovación y reparación ósea, que cuando se afectan pueden llevar a fragilidad sin que necesariamente se comprometan el volumen ni la arquitectura. La distribución tridimensional de la masa ósea, la conectividad intertrabecular y la efectiva distribución espacial de la misma, es la arquitectura que puede o no tener capacidad de resistencia a las fracturas.

El tejido óseo pasa secuencialmente a través de unas fases de destrucción y de reparación o recuperación del hueso perdido.

La hormona paratiroidea y la vitamina D actúan como agentes calcitrópicos, sin embargo, otras hormonas como glucocorticoides, tiroxina, y hormonas sexuales actúan para regular la actividad metabólica ósea general.

### **1.4.3.3 Clasificación De La Osteoporosis**

Clásicamente se ha venido clasificando la osteoporosis en primaria y secundaria.

#### **a) Osteoporosis primaria**

Constituye el grupo más amplio e incluye los casos de OP en los que no se identifica ninguna enfermedad que la justifique directamente. Se distinguen las siguientes:

- Osteoporosis idiopática juvenil y OP del adulto joven.

Afecta a niños o adultos jóvenes de ambos sexos con función gonadal normal. La OP idiopática juvenil es un trastorno raro, que se inicia entre los 8 y los 14 años. Se manifiesta por la aparición brusca de dolor óseo y de fracturas con traumatismos mínimos. El trastorno remite por sí solo en muchos casos y la recuperación ocurre de forma espontánea en un plazo de 4 o 5 años.

La OP idiopática del adulto joven se observa en varones jóvenes y mujeres premenopáusicas en las que no se objetiva ningún factor etiológico. El comienzo del trastorno en algunas mujeres aparece con el embarazo o poco después. Estas mujeres presentan disminuciones de la DMO del hueso trabecular que puede permanecer baja durante muchos años. Los estrógenos no son eficaces en este tipo de OP. La evolución es

## Universidad de Valladolid

variable y a pesar de que los episodios de fracturas recidivantes son característicos, no se produce un deterioro progresivo en todos los enfermos.

### - Osteoporosis postmenopáusica. Tipo I

La OP tipo I (postmenopáusica) se caracteriza por manifestarse entre 15 y 20 años después de la aparición de la menopausia y por el predominio en el hueso trabecular de la aceleración de la pérdida ósea. Como consecuencia, las fracturas son más frecuentes en las zonas del esqueleto donde predomina el hueso trabecular, como las vértebras, el extremo distal del radio y el tobillo. La pérdida ósea está en relación con el déficit estrogénico, que se acompaña de un aumento de resorción que es más acentuada durante los 4 a 8 años que siguen a la menopausia. Se observa disminución de la actividad PTH para compensar el aumento de la reabsorción ósea. En el hombre este tipo de OP es rara y podría estar en relación con la disminución de secreción de andrógenos.

En la OP postmenopáusica la base sería una reabsorción ósea excesiva, secundaria al déficit de estrógenos, llegándose a perder en los primeros años de vida postmenopáusica un 2-3% anual de la masa ósea, frente al 1% anual de los varones de la misma edad.

### - Osteoporosis senil. Tipo II

Se detecta en algunas mujeres y varones de más de 70 años como consecuencia de un déficit de la función de los osteoblastos (bajo remodelado óseo). En la OP senil, el desequilibrio obedece a una menor formación de hueso como combinación de factores intestinales, endocrinos y primariamente óseos. Afecta al hueso trabecular y al compacto de forma similar, y la pérdida se produce de forma lineal. Las fracturas predominan en las vértebras, en el cuello de fémur, en el extremo proximal del húmero, en la tibia y en la pelvis. La pérdida ósea se relaciona con el déficit funcional osteoblástico y disminución de la absorción de calcio. Al mismo tiempo se produciría un déficit de absorción de vitamina D y un aumento de la actividad paratiroidea. Las fracturas también predominan en la mujer, pero en una proporción mucho menor (2:1).

- *Otros factores etiopatogénicos* son el sedentarismo y la inmovilización, menor absorción intestinal de calcio, menor insolación y trastornos nutricionales que ocasionan déficit de vitamina D e hiperparatiroidismo secundario. Se asocia con fracturas de cuello femoral, porción proximal del humero y pelvis, por afectarse tanto el hueso cortical como

## Universidad de Valladolid

el trabecular. El tratamiento antirreabsortivo es menos eficaz en este tipo de osteoporosis, tal y como cabe esperar por su mecanismo patogénico.

El remodelado sería alto en la OP de tipo I y bajo en el tipo II. Sin embargo, sorprende que los estudios histomorfométricos indican que en la osteoporosis tipo I hay un recambio alto en el 25% de los casos normal en el 45% y bajo en el 30%. Si bien la edad avanzada y la menopausia son los factores etiopatogénicos más importantes de la osteoporosis, es evidente que influyen otros factores.

### b) Osteoporosis secundarias

Se incluyen todos aquellos casos de OP que son una consecuencia o bien una manifestación acompañante de otras enfermedades o de su tratamiento. (27)

#### 1.4.3.4 Factores De Riesgo De Osteoporosis

Los factores de riesgo pueden ser no modificables como la menarquia tardía o los antecedentes familiares de OP. Otros pueden ser modificables como las enfermedades que actúan sobre el metabolismo óseo mineral y el uso de fármacos que previenen dicha enfermedad (33). Los diferentes estudios utilizados en diferentes poblaciones para calcular el riesgo relativo de padecer fracturas en distintas localizaciones han demostrado escasa capacidad de predicción siendo demostrado en el Study of Osteoporotic Fractures (SOF), analizando datos transversales procedentes de una corte de 9500 mujeres. Los parámetros independientes solo explicaban entre el 20 y el 34% la variación de la densidad mineral ósea en las diferentes localizaciones esqueléticas. (45)

Hay muchos factores que influyen en el riesgo de OP, ya sea modificando la densidad mineral ósea o a través de mecanismos independientes. La edad, la terapia con glucocorticoides, antecedentes personales previos de fractura, antecedentes familiares de fracturas de cadera, hábito tabáquico, abuso de alcohol y ciertas enfermedades como la osteogénesis imperfecta en el adulto, menopausia prematura (<45 años), desnutrición crónica, mala absorción intestinal, entre otros. (Tabla 1). (46)

Tabla 1. Factores de riesgo de la osteoporosis.

Factores de riesgo no modificables	Edad. Raza: Caucásicos y orientales. Sexo: Femenino. Antecedentes familiares/ Factor genético
Factores de riesgo modificables	Estado hormonal. Consumo de fármacos. Enfermedades crónicas. Hábitos higiénico-dietéticos.

Por otra parte, existen otros factores que constituyen un riesgo claro de padecer fracturas. (Tabla 2)

Dentro de los medicamentos los diuréticos tiazídicos, anticonvulsivantes, inmunosupresores, AINES, antiasmáticos y algunos antibióticos interfieren en la reabsorción del calcio. Los estudios han demostrado que los de mayor implicación clínica son los glucocorticoides ya que afectan tanto la cantidad como a la calidad del hueso. Las investigaciones realizadas, concluyen que el tratamiento con glucocorticoides no solo aumenta el recambio óseo sino que aumenta la perforación de las trabéculas, acelerando el proceso de degeneración ósea. (47,48). (Tabla 3)

Tabla 2. Factores de riesgo de Fracturas.

<ul style="list-style-type: none"><li>- Más de 5 mg/ de prednisona/día y un período superior a 3 meses.</li><li>- Más de 2 caídas el último año.</li><li>- Tabaquismo activo y consumo de alcohol &gt; de 3 unidades/día: una unidad de alcohol equivale a 8-10 gr.</li><li>- Si no está tratada, puede considerarse un riesgo alto de fractura.</li></ul>
--

*Tabla 3. Medicamentos que pueden estar asociados a la reducción de la masa ósea en adultos.(49)*

Aluminio	Litio
Anticonvulsivantes (Fenobarbital, fenitoina)	Uso prolongado de Heparina
Benzodiazepinas de acción prolongada	Progesterona (parenteral, de acción prolongada)
Citotóxicos	Tiroxina suprafisiológica
Glucocorticoides	Tamoxifeno (uso premenopáusico)
Agonistas de la hormona liberadora de gonadotropina	Nutrición parenteral (como única alimentación)

#### **1.4.3.5 Antecedentes De Fracturas Previas**

La presencia de fracturas previas de características osteoporóticas, constituye uno de los principales factores de riesgos para sufrir nuevas fracturas, dicho riesgo es independiente de la masa ósea.

El antecedente de fractura previa supone duplicar el riesgo de sufrir una nueva fractura por fragilidad. La presencia de una o más fracturas vertebrales multiplica por 5 el riesgo de presentar nuevas fracturas vertebrales en el año y también incrementa la posibilidad de sufrir fracturas de caderas. (18)

La historia familiar constituye un predictor independiente del pico de masa ósea, y el antecedente de osteoporosis en familiares de primer grado está relacionado con disminución del pico de densidad mineral ósea. Las mujeres cuya madre o abuela han sufrido fracturas antes de los 70 años, principalmente de cadera, vertebrales o de muñeca, tienen un riesgo aumentado de presentar baja densidad ósea y de presentar fractura. Sin embargo, los factores genéticos no son los más determinantes en la pérdida de masa ósea a lo largo de la vida, puesto que los factores adquiridos tienen mucha más importancia.

Por otra parte, la actividad física adecuada se correlaciona con menores complicaciones osteoporóticas. Si la actividad física se realiza en los años de desarrollo y crecimiento logra aumentar la masa ósea, permitiendo alcanzar un mayor pico de masa ósea; y en el adulto joven ayuda a mantener la masa ósea. Las mujeres que realizan una caminata de 4 horas por semana, versus las que realizan menos de 1 hora por semana,



## Universidad de Valladolid

disminuyen 45% el riesgo de fractura de cadera. La actividad física adecuada constituye un importante estímulo de sobrecarga para el músculo y tendones, que repercute en el hueso para el estímulo en la formación y en el remodelado óseo.

### 1.4.4 Efectos De La Osteoporosis

#### 1.4.4.1 Fracturas Por Fragilidad

Las fracturas por fragilidad son el signo más característico de la OP, puede afectar a cualquier hueso, especialmente columna vertebral, cadera y antebrazo distal. Las fracturas osteoporóticas se definen como aquellas fracturas que se localizan en zonas de baja densidad ósea y que presentan una mayor incidencia en mayores de 50 años, o aquellas que ocurren tras una caída desde la propia altura. La OP y la presencia de fracturas es más frecuente en mujeres que en hombres. Es bien conocido que la fractura del antebrazo distal es hasta 5 veces más frecuente en mujeres y que las fracturas vertebrales y de cadera son cerca del doble más frecuentes que en el hombre; la fractura vertebral es la que aparece con mayor frecuencia en ambos sexos. (50)

Las fracturas vertebrales se definen como la pérdida igual a superior a 20% de la altura del cuerpo vertebral sea a nivel anterior, medio o posterior, o bien una reducción completa de al menos 4 mm o más a nivel de una misma vértebra (51). En ocasiones produce dolor incapacitante, y que puede llegar a ocasionar importante limitación funcional. El curso del dolor suele ser agudo, con una duración entre 2-3 semanas y ceder aproximadamente al 3-4 mes, en el caso de fracturas no complicadas. Pueden llegar a producir deformidades vertebrales, siendo la más frecuente de ellas el aumento de la cifosis dorsal. Las localizaciones más frecuentes son las dorsales bajas y las lumbares altas. (52)

Numerosos estudios tratan de evaluar la prevalencia de las fracturas vertebrales, siendo difícil determinar la prevalencia exacta ya que más de un 25% de los casos son asintomáticos. Los datos del European Vertebral Osteoporosis Study (EVOS) indican que la prevalencia estandarizada de la fractura vertebral en Europa es del 12,2% para varones



## Universidad de Valladolid

y del 12% en mujeres en edades comprendidas entre 50 a 79 años (53). En el European Prospective Osteoporotic Study (EPOS) la incidencia de fracturas vertebrales en varones mayores de 50 años va de 5,7 a 6,8 /1000 personas por año, que es aproximadamente la mitad de la prevalencia encontrada en mujeres. Se evidenció que en ambos grupos la incidencia de fracturas aumentaba con la edad. (54)

La presencia de fracturas por fragilidad se asocia a un mayor riesgo de presentar nuevas fracturas osteoporóticas, también a un incremento de la mortalidad y disminución de la calidad de vida. La existencia de una fractura vertebral triplica el riesgo de sufrir una fractura de antebrazo distal, quintuplica el riesgo de padecer una nueva fractura vertebral y sextuplica la de presentar una fractura de cadera tanto en hombres como en mujeres (38). De la misma manera presentar una fractura de cadera incrementa la posibilidad de padecer una fractura vertebral única o múltiple y de padecer otras fracturas como la del radio distal. (36)

La incidencia de fracturas de radio distal, aumenta de forma lineal desde los 40 a los 65 años y es a partir de esta edad donde se estabiliza. (36)

En la fractura de cadera se producen varios eventos que la definen como modelo de fractura osteoporótica (50). En primer lugar, su relación directa con la OP. A partir de los 50 años asume que la fractura de cadera es debida casi exclusivamente a la OP, una vez descartados procesos neoplásicos. Y en segundo lugar por su gran impacto, modificando por completo el desenvolvimiento actual de quien la padece ya que siempre ingresan en un centro hospitalario. La incidencia de fractura de cadera es variable según sea la población en estudio (55)

La fractura de fémur se considera como la más grave presentando repercusiones mayores a corto y largo plazo, con una mortalidad cerca del 12 al 20%. Existe un incremento de 2,4 a 3 veces del riesgo de fractura de fémur por cada DE de disminución de la DMO (56). Además este tipo de fractura se ve influenciado por múltiples factores de riesgos independientes de la DMO que están directamente relacionados con la predisposición a las caídas (57). En España la incidencia anual de fractura de fémur en mujeres con una edad mayor a 50 años es de 3 por cada 1000 habitantes, y el doble para la fractura del tercio distal de radio. actualmente el riesgo de padecer una fractura del fémur a partir de los 50 años de edad en una mujer española oscila entre 12 y un 16%. (29)



La fragilidad como concepto es un diagnóstico relativamente nuevo que se caracteriza por la disminución de la función fisiológica aumentando el riesgo de aparición de lesiones. Ocurre a diferentes ritmos según el paciente, sus patologías, calidad de vida y antecedentes previos, entre otros. Existen métodos para valorar el índice de fragilidad como herramienta que predice el envejecimiento fisiológico y a su vez la capacidad de curación en pacientes tratados de manera conservadora, estos índices son mejores predictores de eventos adversos perioperatorios que la edad cronológica en sí. Algunos de los antecedentes que estudian son la presencia de más de 3 problemas médicos, IMC, cáncer, enfermedad cardíaca, depresión, DM, HTA, EPOC, OP, Enfermedad vascular periférica, enfermedad tromboembólica, tabaquismo, deterioro del estado general, entre otros. Algunos estudios han demostrado que los pacientes con mayor índice de fragilidad tenían significativamente más probabilidad de recibir tratamiento quirúrgico (cifoplastia/vertebroplastia, artrodesis) que aquellos con menor fragilidad, donde la respuesta al tratamiento conservador era más adecuada. (58)

#### **1.4.4.2 Factores Relacionados Con Los Hábitos Higiénico Dietéticos**

Se han descrito innumerables factores nutricionales que influyen en la adquisición y mantenimiento de una adecuada masa ósea. Los más importantes son el calcio y la vitamina D. Se ha visto la relación directa que existe entre el consumo de leche en la adolescencia y niveles adecuados de masa ósea en la edad adulta, y la disminución de la incidencia de fracturas osteoporóticas en pacientes que presentaron una adecuada ingesta a lo largo de toda la vida. (59) Se establecen unos niveles de vitamina D superiores a 30 ng/ml, como valores adecuados, evitando así la aparición de hiperparatiroidismo secundario y OP (60,61). También se ha observado que la vitamina D juega un papel fundamental en la regulación de la fuerza muscular (62), la vitamina K está asociado de forma positiva con la masa ósea y ayuda a prevenir el riesgo de fractura (63), y la vitamina C fundamental para el metabolismo del colágeno (64). Niveles elevados de homocisteína se asocia a menor masa ósea y aumenta el riesgo de padecer fracturas debido a un déficit de vitaminas del grupo B. (65)

Por otra parte, también es conocida la relación que existe entre fumar tabaco y el riesgo de padecer OP y fracturas por fragilidad. Ser fumador activo supone un riesgo relativo de

## Universidad de Valladolid

padecer de fracturas de 1,13% especialmente fracturas de cadera (RR 1.6) observándose mayor riesgo en varones. (66)

Estudios prospectivos han demostrado que existe una asociación no lineal entre la ingesta de alcohol y el riesgo de fracturas osteoporóticas, encontrándose que la ingesta inferior a dos copas/día, no supone un aumento del riesgo. Cuando se sobrepasa este umbral conlleva un aumento del riesgo de fracturas (RR 1.38) especialmente fractura de cadera (RR 1.68). (67)

### 1.4.4.3 Enfermedades Que Influyen Sobre La Masa Ósea

Se han identificado diversas endocrinopatías relacionadas con alteraciones en la masa ósea. Con mayor importancia se ha descrito el hiperparatiroidismo, el hipertiroidismo, hipercortisolismo (endógeno/exógeno) y la diabetes. También afecta a la masa ósea las hepatopatías, el mieloma múltiple y enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoide. (39)

### 1.4.4.4 Índice de Fragilidad modificado

La fragilidad sirve para cuantificar la edad fisiológica del paciente. Está directamente relacionado con las tasas de complicaciones y de mortalidad de procedimientos quirúrgicos a los cuales se someten los pacientes. Niveles altos de fragilidad se correlacionan directamente con mayores tasas de complicaciones y altos índices de mortalidad. (68)

Gracias al diseño de estos sistemas de estratificación de riesgos, se puede predecir la probabilidad de complicaciones y mortalidad asociada a ciertos procedimientos quirúrgicos.

La fragilidad se define como un síndrome médico producto de múltiples causas y factores, que tienen por característica común la disminución progresiva de la fuerza, resistencia, funciones físicas, fisiológicas y mentales de los pacientes, y que tienden a aumentar la susceptibilidad de un individuo a desarrollar mayor necesidad de asistencia o dependencia y la muerte.(69)

El Índice de Fragilidad modificado (IFm) fue desarrollado por Saxton y colaboradores (70), como un resumen de las 70 variables dicotómicas iniciales utilizadas en el Canadian Study of Health and Aging Frailty Index (CSHA-FI) (71) utiliza solo 11 de ellas para



## Universidad de Valladolid

cuantificar los déficits acumulativos en los diferentes dominios valorados (físicos, funcionales, cognitivos y sociales). Es un test validado que ofrece resultados predictivos similares a la prueba original (72).

### 1.4.5 Factores De Riesgo De Fractura

Existen infinidad de factores asociados al incremento del riesgo de fracturas. Las fracturas por fragilidad dependen del enlace de distintos factores. Alguno de ellos se encuentra directamente relacionado con la resistencia y calidad ósea, mientras que otros dependen directamente de las caídas. Entre los factores de riesgo de fracturas los que han demostrado mayor asociación con las mismas son la edad y la baja densidad mineral ósea. (73)

#### 1.4.5.1 Calidad Ósea

El término calidad, incluye todas aquellas propiedades del hueso que no son explicadas por la DMO como la microarquitectura trabecular, la composición orgánica y mineral de la matriz ósea, el remodelado óseo, el grado de mineralización, las microlesiones acumuladas, la viabilidad celular y la cantidad y calidad de los puentes de unión del colágeno (74). El riesgo de fractura varía a iguales niveles de densidad ósea, en edades diferentes.

El remodelado óseo es el principal factor que regula tanto la calidad como la cantidad de hueso en el esqueleto adulto. Un desequilibrio entre la resorción ósea y la formación ósea va a traer como resultado una pérdida o ganancia del tejido óseo. A mayor recambio óseo mayor pérdida ósea y como consecuencia microarquitectura ósea anormal. Por el contrario, un bajo recambio óseo provocará un aumento de la masa ósea, micro daño y mayor fragilidad ósea. (74)

La osteoporosis se puede clasificar en dos formas según el recambio óseo: OP de bajo recambio y OP de alto recambio. En la OP de bajo recambio se evidencia una disminución en las actividades osteoformadoras como de la absorción ósea. Mientras que en la OP de alto recambio se evidencia un aumento de la actividad de los osteoclastos y la actividad de los osteoblastos puede ser normal o incluso estar aumentada, favoreciendo

## Universidad de Valladolid

así la resorción ósea, originando el desequilibrio llamado osteoporosis.

La OP de alto recambio es la forma más común, se presenta con mayor frecuencia en mujeres postmenopáusicas (OP primaria tipo I) o en pacientes con patologías como hiperparatiroidismo en presencia o no de menopausia.

En el hombre, mayormente se observa la osteoporosis transitoria con un estado de alto recambio óseo.

La osteoporosis de bajo recambio se producen los ancianos (OP primaria tipo II) o posterior a tratamiento farmacológico con quimioterapia, corticoides, bifosfonatos. (74)

La osteoporosis inducida por la toma de glucocorticoides es la causa más frecuente de osteoporosis secundaria de forma global, ya que reducen la formación ósea (disminuyendo el número y función de los osteoblastos) y aumenta la reabsorción. (48)

Los glucocorticoides producen un aumento de la expresión de algunas citoquinas como el receptor del activador de las NK-Kappa  $\beta$  ligando (RANKL) que interviene en la diferenciación de los osteoclastos, trayendo como consecuencia el aumento de la resorción ósea. (75) (Figura 8).

Algunas de las enfermedades en la que está indicado el uso de glucocorticoides, se relacionan por sí solas con un incremento en la pérdida de masa ósea, como ocurre en la artritis reumatoide, enfermedades inflamatorias crónicas intestinales o en las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas. Hasta en un 40% de los pacientes que toman corticoides de forma mantenida se han reportado pérdidas de masa ósea a lo largo del tiempo. (75)

### 1.4.5.2 Otras Patologías

El aumento del riesgo de caídas condiciona a un aumento del riesgo de fracturas. Diversos factores han sido descritos con aumento de este riesgo, como enfermedades neuromusculares, alteración de la visión, fármacos narcóticos, fármacos anticonvulsivantes, caídas previas y alteraciones del equilibrio. (36,76)

El hipogonadismo se asocia con pérdida de masa ósea tanto en hombres como mujeres. Es la causa más común de osteoporosis en hombres, tanto en la forma primaria como la secundaria a deprivación de andrógenos. Se ha observado hasta en un 20% de los hombres con fracturas vertebrales y hasta en un 50% de los que presentan fracturas

## Universidad de Valladolid

de cadera. Los andrógenos tienen un efecto dual sobre el esqueleto; por un lado un efecto directo a través de la activación de los receptores de andrógenos, y por otro lado un efecto indirecto tras su aromatización a estrógenos (77). Así mismo se ha descrito la pérdida de masa ósea en otras enfermedades como el hipertiroidismo, las enfermedades inflamatorias tanto articulares como pulmonares, digestivas, así como las enfermedades neurológicas o aquellas que cursan con alteración de la estabilidad.

El adecuado funcionamiento de la glándula tiroidea es fundamental para un adecuado desarrollo óseo, que incluya un crecimiento lineal y un pico de masa ósea óptimo. En los niños, el descenso de hormonas tiroideas se relaciona con un retraso del crecimiento mientras que el exceso con un desarrollo acelerado. (78)

Tanto el hipertiroidismo como el hipotiroidismo se asocia a una disminución de la masa ósea e incremento del riesgo de fracturas. La terapia mantenida con hormonas tiroideas y el hipertiroidismo se asocian a un mayor riesgo de fracturas.

El hiperparatiroidismo primario (HPTP) se asocia con un aumento en la expresión de RANKL en los osteoblastos, lo que se traduce en un aumento de la resorción ósea. Este aumento de la resorción es a expensas del hueso cortical, de forma que se ve más afectada por la pérdida de masa ósea la cadera y las extremidades, aunque también es evidente la pérdida de masa ósea del hueso trabecular. El déficit de la hormona del crecimiento y la acromegalia también juegan un papel primordial en el correcto desarrollo óseo. (79)

### 1.4.6 Osteoporosis Del Varón

La OP en el varón tradicionalmente ha sido infravalorada, pese a ser un problema de salud que va aumentando con el paso de los años. Este incremento de la n se relaciona de forma directa con el aumento de la expectativa de vida. Menos del 10% de los varones reciben tratamiento antirresortivo. (80)

Se conoce que la prevalencia de osteoporosis entre varones mayores de 50 años está alrededor del 13%, en comparación con 40% en mujeres del mismo rango de edad y un riesgo de por vida del 15% de padecer fracturas osteoporóticas. (81)



## Universidad de Valladolid

La distribución de las fracturas osteoporóticas en hombres tiene 2 picos, uno comprendido entre los 15 y 45 años y el otro pasado los 70 años (82). Los hombres menores de 45 años triplican el riesgo de fracturas debido a mayor riesgo de lesiones deportivas y laborales, algunas de ellas pueden estar asociadas a baja DMO.

La tasa de mortalidad debida a fracturas de fémur proximal es de 2 a 3 veces mayor en hombres que en mujeres. Aunque la disminución de la esperanza de vida asociada a fractura de cadera es equiparable en hombres y mujeres ( $5,9 \pm 4,5$  años en hombres y  $5,8 \pm 4,8$  años en más mujeres), los años de vida perdidos es mayor en hombres ( $70 \pm 33$ ) que en las mujeres ( $59 \pm 42\%$ ) ( $P < 0,01$ ). (81)

Las fracturas vertebrales son más frecuentes en hombres que en mujeres antes de los 65 años, siendo la osteoporosis su principal causa. La alteración en la anatomía normal masculina aunque es frecuente, no siempre indica osteoporosis, sólo el 1-2 % de ellas puede ser un signo indirecto, aunque son difíciles de interpretar. (81)

La presencia de una fractura de radio distal, seguida de una fractura de cadera, debe poner sobre aviso al facultativo médico como señal de alerta de posible OP. (81)

Se ha estimado una prevalencia de OP de cadera en varones de más de 50 años entre 3,5 y 7%. Aún es desconocido el por qué es mayor en varones la mortalidad de fractura de cadera y de fracturas vertebrales en comparación con las mujeres. (39,49)

También se ha visto que la probabilidad de ser estudiado o tratado tras una fractura de cadera es menor en varones que en mujeres en una proporción del 4,5% en varones frente a un 49,5% en mujeres (39,83)

### 1.4.6.1 Etiología De Osteoporosis en el Varón

Al igual que en las mujeres se evidencia una pérdida de masa ósea a expensas del hueso trabecular pero menos intensa en edades tempranas. Son más frecuentes las causas secundarias de osteoporosis. Cerca de la mitad de los hombres tiene alguna condición asociada que favorece la aparición de la misma. (81)

Las principales causas de osteoporosis en el varón son, el hipogonadismo, la toma de glucocorticoides y el alcoholismo crónico. En el paciente alcohólico, la presencia de fracturas es sinónimo de OP (81), así mismo diferentes investigaciones reportan que aumenta el riesgo de caídas y por ende el riesgo de padecer una fractura. (81)



---

## Universidad de Valladolid

La OP idiopática del varón ha aumentado en los últimos años. Hasta un 40% de los pacientes con osteoporosis idiopática presentan hipercalciuria asociada y antecedentes de litiasis renal. (81)

La principal complicación de la OP en el varón es como en la OP postmenopáusicas, la aparición de fracturas. Las fracturas más frecuentes son las vertebrales, seguida las de cadera y finalmente las del radio distal. La probabilidad de sufrir una fractura en un varón de 60 años se estima en un 25%, pudiendo aumentar este porcentaje hasta un 42% si el paciente tiene diagnóstico de OP (84). Se ha objetivado que el mayor número de fracturas osteoporóticas ocurre en pacientes con osteopenia. (85)

### 1.4.6.2 Diagnóstico De Osteoporosis en el Varón

La OP en el varón está infradiagnosticada, podría deberse en parte a la falta de una guía clínica clara y rentable para evaluar y tratar a los hombres con dicha patología. El diagnóstico de la OP en el varón, al igual que en las mujeres se realiza mediante DXA. La elevada prevalencia de artrosis en la columna vertebral de los varones puede falsear los resultados de la misma generando valores más altos en la DMO, cuando esto sucede, hay que utilizar diferentes herramientas diagnósticas para evaluar los factores clínicos de riesgo de fracturas y que nos sirva como cribado de pacientes con riesgo de osteoporosis. (86)

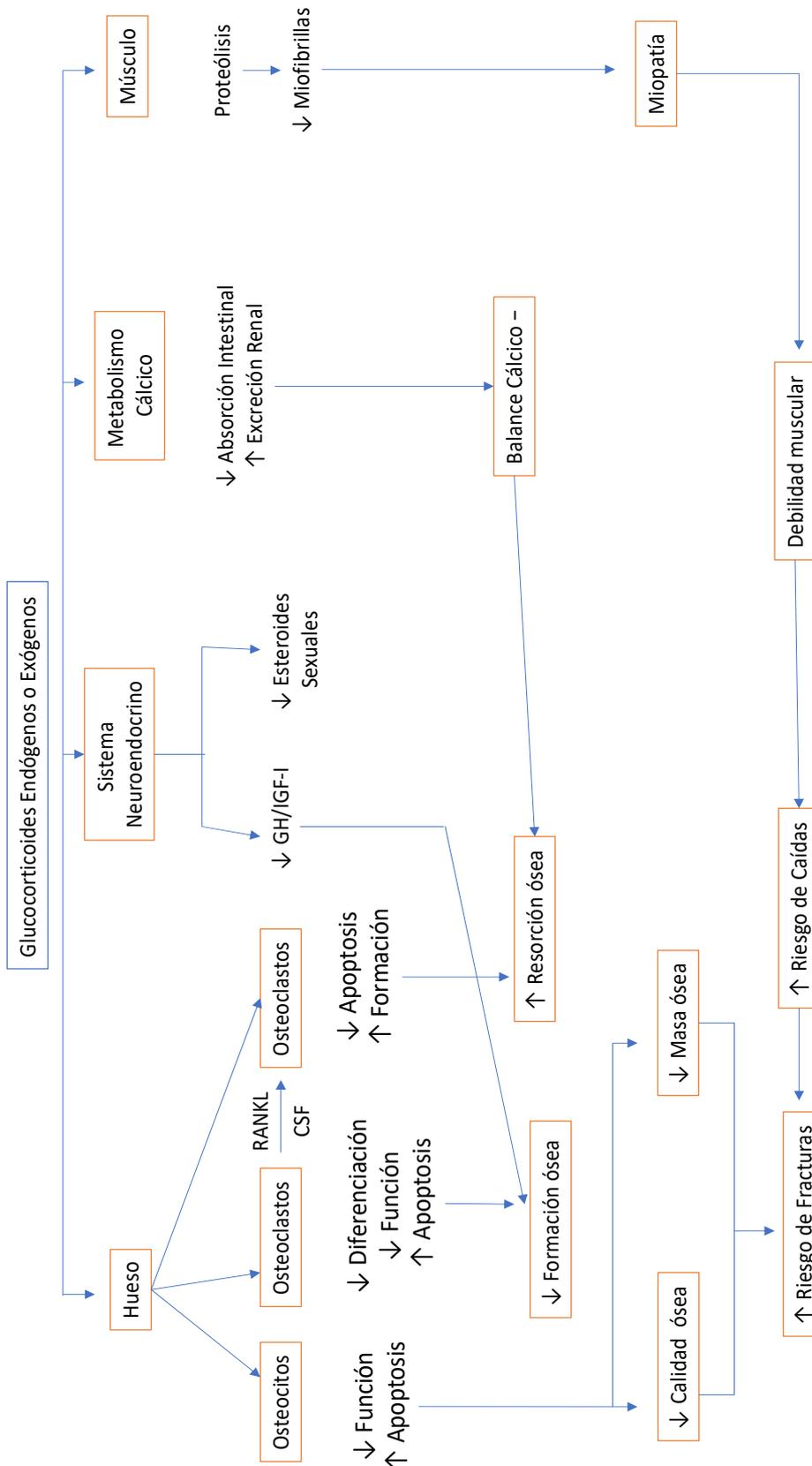


Figura 8. Osteoporosis inducida por glucocorticoides..

## Universidad de Valladolid

### 1.5 Fractura Vertebral (FV)

El concepto de FV siempre ha sido controvertido, por mezclar conceptos de inestabilidad mecánica y neurológica.

La Fundación AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, Asociación de Grupo de Trabajo para el Estudio de la Fijación Interna de las Fracturas) estableció unos criterios específicos en el año 1987 para sospechar la presencia de una fractura vertebral. Son criterios específicamente radiológicos, en la columna dorsolumbar son los siguientes: (Figura 9)

- Pérdida de alineación vertebral.
- Fractura del cuerpo vertebral, apófisis transversa o de elementos posteriores.
- Aumento de la distancia interespinosa.
- Aumento de la distancia interpedicular.
- Pérdida del 20% de altura vertebral, Acuñaamiento vertebral y aumento de la cifosis locoregional.

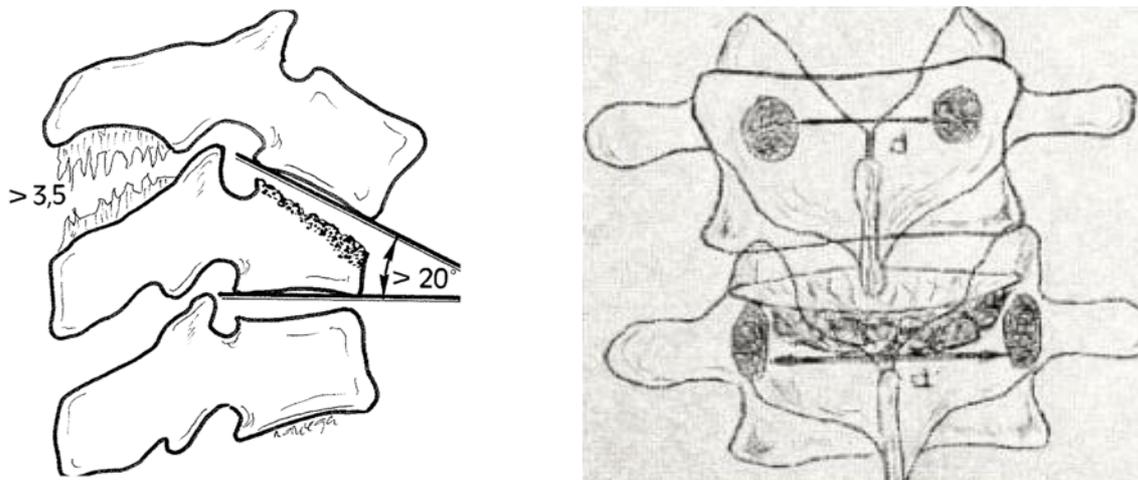


Figura 9. Criterios Radiológicos que definen una fractura en la columna dorsal.

#### 1.5.1 Clasificación

Actualmente no hay consenso a la hora de clasificar las FV. Está claro que el sistema utilizado debe ser fácil de recordar y aplicable en la práctica clínica habitual. Utilizando como referencia pruebas de imagen y características clínicas del paciente.

## Universidad de Valladolid

Debe describir adecuadamente la fractura, su pronóstico y dirigir a un tratamiento adecuado.

Las 3 clasificaciones más usadas son la clasificación de Denis, Magerl (AO) y el sistema TLICS (Thoraco-Lumbar Injury Classification System). (87)

Denis, en 1983, tras analizar 400 TAC describe la teoría de las 3 columnas:

- Columna anterior comprende el ligamento vertebral común anterior, la porción anterior del disco y del cuerpo vertebral.
- Columna media incluye el ligamento longitudinal posterior y la porción posterior del disco y del cuerpo vertebral.
- Columna posterior comprende el arco óseo posterior (pedículos, carillas articulares y láminas) y el complejo ligamentario posterior (PLC) (ligamentos supraespinoso, infraespinoso, interlaminar o amarillo, ligamento longitudinal posterior y cápsulas facetarias). (88)

La morfología de la fractura se clasificó en cuatro categorías principales de gravedad progresiva:

- Fracturas por compresión (acuñamiento): cuando existe flexión de la columna y fuerzas de compresión axial produciendo un fallo de la columna anterior aislada. En la radiografía lateral se aprecia disminución de altura del cuerpo vertebral. Son estables, sin evidencia de daño neurológico.
- Fractura estallido: Cuando se combina una de fuerza de compresión axial y flexión de columna con afectación de columnas anterior y media. Típica de la caída de altura de pie. El riesgo de daño neurológico aumenta a mayor daño de la pared cortical posterior del cuerpo vertebral.

Se subdivide en 5 tipos (A-E):

- a) Fractura de ambos platillos vertebrales .
- b) Fractura del platillo superior .
- c) Fractura del platillo inferior.
- d) Fractura estallido con rotación.
- e) Fractura estallido lateral.



## Universidad de Valladolid

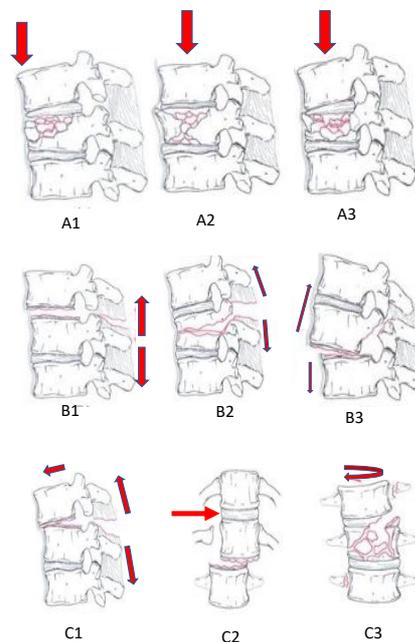
- Fractura por flexión-distracción (por efecto cinturón de seguridad): debida a una flexión brusca y compresión seguida de distracción afectando así las tres columnas. Típica en colisiones frontales de un automóvil con cinturón de seguridad.
- Fractura luxación: Fallan las tres columnas como resultado de compresión, distracción, rotación y/o cizallamiento. Secundarios a traumatismos de alta energía. Son lesiones muy inestables asociadas a lesión neurológica y lesiones intraabdominales graves.(88)

La clasificación descrita por Magerl en 1994 (89) y posteriormente modificada por el grupo de clasificación AO Spine, es la clasificación más utilizada en la actualidad, se basa en la morfología de la fractura y mecanismo de producción, sin considerar el daño neurológico. Puede ser tipo A, B o C (según el mecanismo de fractura y daño de elementos asociados) y a su vez se subdivide en función de la inestabilidad en 27 subtipos. Magerl expone una clasificación del cuerpo vertebral y valora el mecanismo de producción, que ofrece muchos datos útiles para la evaluación prequirúrgica, sin utilizar valores de referencia, está basada en análisis bidimensionales o uniplanares, el cual es el mismo tipo de análisis sobre el que se ha fundamentado durante las últimas décadas el concepto de fractura vertebral por compresión, la pérdida de la altura vertebral (89). Siendo esta medida monoplanar de la altura la única forma de valoración en los estudios radiológicos de imagen disponibles, es fácilmente comprensible que la estructura vertebral, tratándose de un elemento tridimensional volumétrico, debería ser tratado en su definición y en su enfoque terapéutico para fracturas vertebrales traumáticas, ya sea de alta o de baja energía.

Recientemente ha sido modificada y actualizada por el AO Spine Knowledge Forum Trauma, utilizando como base el estudio por imágenes en radiografía simple, TAC o RM, valora el daño neurológico y añade elementos modificadores. (90) (Tabla 4)

Tabla 4. Sistema de clasificación de FV según Magerl (Modificada por la AO Spine).

Tipo	Grupo
A. Compresión	0. Fractura menor
	1. Acuñaamiento
	2. Fragmento coronal (Split)
	3. Estallido (Estallido completo)
B. Distracción	1. A través de tejidos blandos (Chance)
	2. Subtipo A + afectación de arcos posteriores
	3. Hiperextensión. A través del disco intervertebral
C. Multidireccional con traslación	1. Anteroposteior
	2. Lateral
	3. Rotacional



El sistema TLICS fue introducido en 2005 por el Spine Trauma Study Group. Su ventaja radica en agregar el valor pronóstico de la fractura, siendo útil para la decisión terapéutica. Estudia la morfología de la lesión, la integridad del complejo ligamentario posterior (PCL) y el estado neurológico del paciente. Utilizando la radiografía simple y la RMN.

A cada uno de los apartados se le asigna una puntuación y la sumatoria de estas se utiliza como guía terapéutica: si es  $\leq 3$ , estaría indicado tratamiento conservador; 4: se podría dejar conservador o indicar tratamiento quirúrgico; mayor o igual a 5 indica cirugía.(90) (Tabla 5)

### 1.5.2 Epidemiología De Las Fracturas Vertebrales

Hay pocos datos sobre la incidencia real de FV en muestras de poblaciones combinadas entre hombres y mujeres. Se ha descrito que la FVO presenta una incidencia estimada por la European Prospective Osteoporosis Study de 1.400.000 fracturas al año, equivalentes al 20-25% de las mujeres posmenopáusicas mayores de 50 años (54). Son más frecuentes en pacientes pasada la 6-7 década de la vida, presentando una prevalencia mayor al 40% en la octava década de la vida. (91)

## Universidad de Valladolid

En España, estudios como el FRAVO en mujeres o Camargo en varones, reportan una incidencia de FVO de 21,3% (sin distinción entre varones o mujeres) mayores de 50 años y del 46% en mujeres  $\geq 75$  años, porcentaje superior al de los varones de la misma edad (32,6%). (92,93)

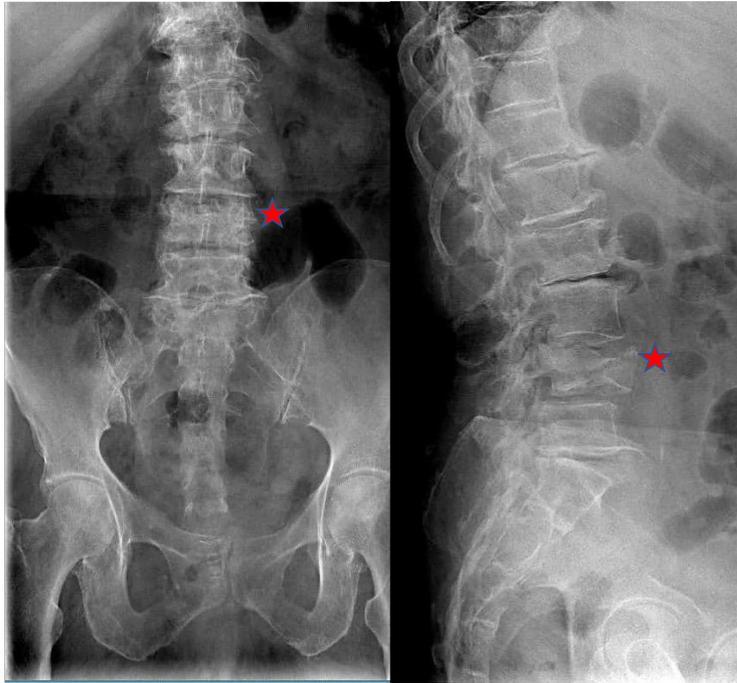
Las FVO son aquellas fracturas cuya causa principal es una debilidad estructural generalizada del hueso. Suele ser generalmente de causas senil. (Figura 10)

La OP es la patología que con mayor frecuencia provoca pérdida en la estructura vertebral normal. Hay dos factores que determinan el patrón del colapso del cuerpo vertebral:

- a) Los vectores de fuerzas dependientes de la localización en la columna, así como la curvatura de la misma.
- b) Situación del disco vertebral adyacente.

Tabla 5. Sistema TLICS. (94)

Tipo	Puntuación
Compresión. A	1
Traslación/ Rotación. B	3
Distracción. C	4
<b>Complejo Ligamentario Posterior</b>	<b>Puntuación</b>
Intacto	0
Indeterminado	2
Lesionado	3
<b>Neuropatía</b>	<b>Puntuación</b>
No	0
Lesión Radicular	2
Lesión Medular Completa	2
Lesión Medula Incompleta	3
Cauda Equina	3



*Figura 10. Radiografía Ap-lateral donde se evidencia fractura vertebral aspecto osteoporótico en L4, donde se evidencia esclerosis del cuerpo vertebral y colapso de columna medial.*

### **1.5.3 Biomecánica De Las Fracturas Vertebrales**

Cualquier fractura en la columna vertebral va a inducir cambios en la morfología de la anatomía vertebral generando cambios sutiles en la curvatura espinal incrementando con ello la sobrecarga mecánica. Una fractura con un acúñamiento anterior va a desplazar el centro de gravedad del cuerpo proximal anteriormente, incrementando el momento de fuerza en flexión que tiende a definir los cambios morfológicos favoreciendo el riesgo de aparición de nuevas fracturas. (95) (Figura 11)

Las fuerzas de cizallamiento son mayores a nivel de la fractura y de la vértebra superior, mientras que las fuerzas de compresión son mayores en la vértebra inferior a la fractura. Otros dos factores importantes en la posible génesis de nuevas fracturas son los cambios morfológicos de las vértebras y la calidad del hueso

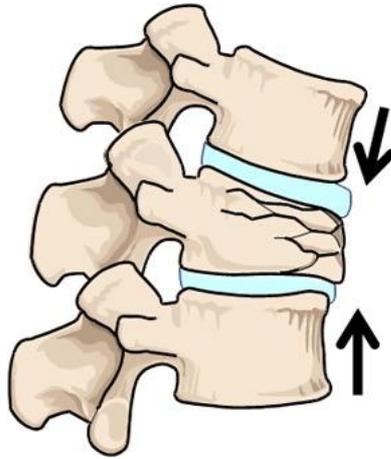


Figura 11. Fractura de un cuerpo vertebral con acúñamiento anterior..

#### 1.5.4 Clínica De Las Fracturas Vertebrales

Las fracturas por insuficiencia suponen el 4% de las causas del dolor lumbar, mientras que las fracturas traumáticas suponen menos del 1%. Solo alrededor de un 30% de las fracturas vertebrales no traumáticas son diagnosticadas en la práctica clínica, su diagnóstico depende de las manifestaciones clínicas suficientemente importante como para solicitar estudios radiológicos. (96)

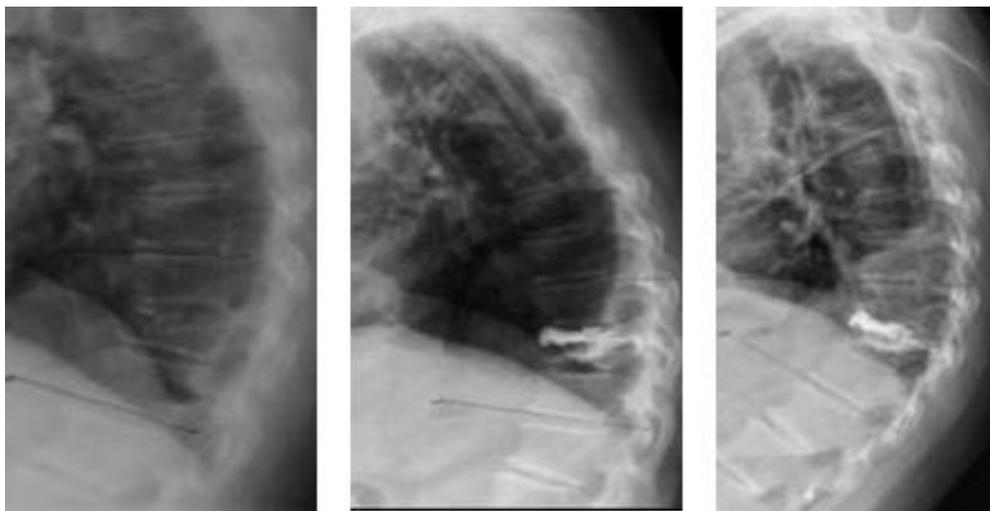
El dolor puede tener variación en cuanto a su expresión, pudiendo ser prácticamente imperceptible o ser tan intenso como el producido por una hernia discal, sin embargo tendría un patrón de irradiación distinto sin signos de compresión radicular lumbar. La deformidad asociada al acúñamiento vertebral en el plano sagital y sus repercusiones biomecánicas puede hacer que el dolor cronifique hasta en 1/3 de los casos. (47)

Definir el dolor de una manera concisa y que pueda ser aceptada por múltiples investigadores es complejo, ya que se trata de una experiencia subjetiva y de carácter individual, sumado al hecho de que no existe un método científico exacto que lo haga evaluable y está acompañada y directamente relacionada con las experiencias dolorosas vividas por quien lo padece. La herramienta normalmente utilizada para valorar el dolor y que presenta una aceptación unánime es la escala visual analógica EVA o la escala numérica. Es una escala donde el paciente utiliza una herramienta fácil de comprender y

## Universidad de Valladolid

que invirtiendo poco o mínimo esfuerzo es capaz de comprender e identificar y cuantificar el dolor en el momento en el que se realiza la prueba. Puede utilizarse una escala analógica verbal, una escala numérica o incluso en pacientes con dificultades para expresar palabra alguna una escala gráfica. Estas tablas son funcionales, una vez que el paciente entiende el significado y el contenido de dicha tabla, marca un punto en dicha tabla que le otorgara un puntaje a su percepción dolorosa. La tabla debe tener un lenguaje concordante con el nivel cognitivo y cultural del paciente para que finalmente el médico puntúe la tabla sin interferir ni juzgar dichos resultados. (97)

No solo el dolor puede condicionar la calidad de vida del paciente, la deformidad del raquis puede tener repercusión en las condiciones de la vida diaria, tanto en la salud física (disminución de la capacidad vital pulmonar) como mental (depresión), así como un incremento súbito en la mortalidad. Las fracturas de la región torácica pueden generar una reducción de la función pulmonar. La calidad de vida se ve disminuida por las limitaciones que presentan al caminar, vestirse, subir escaleras, respirar e incluso para dormir. Un aumento de la cifosis dorsal va a conllevar a un aumento de la presión intrabdominal, produciendo un efecto de saciedad precoz, disminuyendo el apetito y produciendo un deterioro ponderal.(3,57) (Figura 12).



*Figura 12. Rx lateral donde se evidencia aumento de la cifosis dorsal, tras cifoplastia.*

Se ha descrito una disminución de la supervivencia a los 5 años de hasta el 16%, muy similar a la disminución del 18% de supervivencia media después de una fractura de



cadera.(3,57)

### **1.5.5 Diagnóstico Biológico**

El dolor es el síntoma que frecuentemente presenta el paciente afecto con fractura vertebral, tras un traumatismo de baja energía. En los pacientes con OP gestos tan simples como el estornudo o la tos podrían producir una FV. El dolor podría empeorar en la posición erecta y ocasionalmente con el decúbito. La exploración clínica es variable, desde anodina hasta una postura antiálgica postrado en una silla de ruedas o presentar una actitud postural cifótica estando de pie. El dolor es reproducido con la palpación de la apófisis espinosa del nivel de la fractura. Generalmente las fracturas localizadas a nivel lumbar y de las últimas vértebras torácicas son más dolorosas que las localizadas en la columna torácica media, ya que esta presenta menos movilidad.

El dolor suele manifestarse con una intensidad máxima en la línea media de la espalda, en ocasiones presenta irradiación hacia anterior, sin ser ésta una manifestación de clínica radicular. (3)

Existe poca correlación entre el grado del colapso del cuerpo vertebral y la intensidad del dolor. Estudios como recuento leucocitario, determinación de la velocidad de sedimentación globular (VSG), de la proteína C reactiva (PCR) y la electroforesis de las proteínas plasmáticas ayudan a descartar una etiología infecciosa o tumoral subyacente.

#### **1.5.5.1 Diagnóstico Por Imagen De Las Fracturas Vertebrales**

El estudio por imagen de las fracturas vertebrales suele incluir radiología convencional: anteroposterior (AP) y lateral del raquis, y medicina nuclear (TC y RMN) fundamentalmente. (Tabla 6)

##### **1.5.5.1.1 Radiología Convencional. (Figura 13)**

La radiología simple sigue siendo la primera opción para el diagnóstico de las fracturas vertebrales. Tiene mayor capacidad diagnóstica en las fracturas traumáticas de

## Universidad de Valladolid

alta energía que en las fracturas por insuficiencia secundaria a OP o en las patológicas secundarias a afectación tumoral vertebral.

Aunque la RMN es la técnica más sensible para diferenciar FV patológicas o por insuficiencia, la radiología convencional puede orientar el diagnóstico. La FVO puede adquirir dos morfologías, en cuña y bicóncava (en vértebra de pez o diábolo), mientras que en la fractura patológica de causa tumoral suele demostrar cambios predominantemente osteolíticos. (98)

Cuando aparecen colecciones aéreas dentro del cuerpo vertebral por necrosis vertebral (enfermedad de Kummel), es un hallazgo sugerente de fractura osteoporótica benigna. (90)

*Tabla 6. Comparación de pruebas utilizadas para el diagnóstico de FV. Tomado de Vertebral Fractures: Clinical Importance and Management.(47)*

<b>Pruebas</b>	<b>Dosis efectiva media (mSv)</b>	<b>Resolución de la imagen</b>	<b>Coste relativo</b>
Radiografía (Ap-Lateral)	2,5	0,1 mm	€
TAC (Columna Vertebral)	6,0	250-300 $\mu$ m	€€€€
RMN (Columna Vertebral)	0	150-200 $\mu$ m	€€€€
Absorciometría de rayos X de doble energía	0,001	0,5 mm	€

La ausencia de una fractura en la radiología simple en un paciente con diagnóstico de osteoporosis no excluye su presencia. Ante la persistencia de síntomas es recomendable completar el estudio con RMN. La RMN puede detectar fracturas sin deformidad vertebral, tienen mayor capacidad de discriminación entre fracturas benignas y malignas, permite valorar factores como el grado de edema, la deformidad vertebral, o el grado de lesión sobre el espacio del canal espinal, datos necesarios para plantear el tipo de tratamiento definitivo. (90)

## Universidad de Valladolid

La radiografía simple es poco sensible en la visualización del daño óseo o reemplazamiento medular, se requiere según el tamaño de la lesión, más de un 20 % de pérdida de densidad ósea para que las lesiones sean visibles. (47)

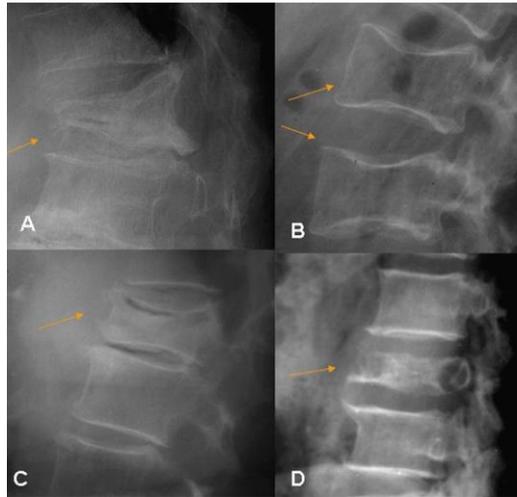


Figura 13. Estudio radiológico simple. Proyección lateral. A: Fractura osteoporótica en cuña (flecha). B: Fractura osteoporótica con disposición en diábolo (Flechas). C: Fractura osteoporótica con vacío intervertebral. D: fractura de aspecto patológico secundaria.

### 1.5.5.1.2 Medicina Nuclear

#### A. GAMMAGRAFÍA:

El Tc-99m MDP es la técnica más utilizada para el diagnóstico de la patología ósea. Cuando se evidencia un aumento en su captación, es indicativo de la presencia de un proceso patológico. La gammagrafía detecta lesiones con un porcentaje de remodelación del 5 al 10 % respecto al total del hueso normal. Puede detectar lesiones hasta 18 meses antes que la radiografía presentando un 60-80% más de sensibilidad. Su principal ventaja es que se puede estudiar el esqueleto completo con un único estudio y puede realizarse en pacientes donde la RMN esté contraindicada. El inconveniente es su poca especificidad debida a su poca capacidad para diferenciar los procesos benignos de malignos. En el caso de las fracturas traumáticas su uso no está indicado, ya que la captación en una columna dolorosa no distingue entre una causa degenerativa o traumática. (99)

## Universidad de Valladolid

### B. La densitometría ósea por emisión dual de rayos X (DEXA)

Se ha establecido como el patrón oro para medir la masa ósea y la densidad mineral ósea a fin de diagnosticar osteoporosis. Numerosos estudios científicos concluyen que la sustracción de tejidos blandos obtenidos mediante energía dual proporciona una mejor visualización e identificación de las vértebras dorsales y lumbares.

La densitometría ósea es una técnica no invasiva que ofrece una medición de la densidad mineral ósea en distintas localizaciones del esqueleto óseo. Se han descrito distintas técnicas actualmente, pero la absorciometría por rayos X con doble nivel de energía (DXA) es el procedimiento óptimo para estimar el riesgo de fractura. Es una técnica con una excelente precisión, baja exposición radiológica y permite la medición de la DMO tanto en el esqueleto axial como a nivel periférico. (30,85,92,93)

Se podría utilizar para visualizar imágenes laterales de la columna vertebral de T1 hasta L4 permitiéndonos hacer una evaluación de la FV; mejorando la evaluación del riesgo a padecer fracturas, esto es debido a que muchos pacientes con FV pueden no tener un T score de DMO clasificada como OP. (25)

Habitualmente se hacen mediciones regladas en fémur total y fémur cuello. En la columna vertebral valora el nivel lumbar (L1-L4), ya que los cuerpos vertebrales contienen principalmente hueso trabecular con alta participación en la fase de remodelación ósea, siendo más sensible a los efectos de las hormonas y de determinados fármacos que el hueso cortical, dicha medición, sirve para valorar la respuesta farmacológica dirigida a tratar la OP. (93)

Es una técnica fiable, segura y precisa (presenta un coeficiente de variación del 0,5-3 %; error de exactitud: 3-5%). Existe una asociación directa entre la disminución de la DMO y el riesgo de padecer fracturas, aunque se ha demostrado que los pacientes pueden sufrir fracturas por debilidad ósea en cualquiera de sus niveles. (2)

Los datos a valorar son: la densidad mineral ósea expresadas en  $\text{gramos/cm}^2$ ; la T-score definida como el número de desviaciones estándar con respecto al valor medio de la población que se encuentra entre los 20 y los 39 años de edad del mismo sexo; y la Z-score que explica el número de desviaciones estándar con respecto al valor medio de la DMO en la población de la misma edad y sexo. (Tabla 7)

En estas mediciones se utilizan valores de DE de la población de referencia, por tal motivo por cada disminución de un DE de la DMO se produce una reducción del 12%

## Universidad de Valladolid

de la cantidad de hueso. La capacidad de predicción de fractura cuando disminuye una DE en columna vertebral es de 2,3 ; IC 95%= 1,9-2,8) para las fracturas vertebrales. (18)

Cuando se realiza esta técnica, es de vital importancia considerar posibles factores que podrían influir en la correcta interpretación de los resultados. Es fundamental realizar una buena técnica, y seleccionar las áreas correctas de interés, así como conocer las alteraciones anatómicas propias del paciente, como las provocadas por la presencia de calcificaciones vasculares, patología ósea degenerativa, fracturas, enfermedades óseas que cursen con aumento de la densidad ósea como la osteopetrosis o la enfermedad de Paget, o enfermedades malignas como el linfoma o lesiones metastásicas, ya que éstas podrían alterar el resultado de la misma. (18,100)

Tabla 7. Criterios diagnósticos de la OMS para la osteoporosis. (101)

Criterios diagnóstico de la osteoporosis según la OMS	
GRUPO	CRITERIO DIAGNÓSTICO
Normal	DMO dentro de una desviación estándar de la medida de una población adulta joven de referencia.
Osteopenia (baja masa ósea)	DMO entre 1.0 y 2.5 desviación estándar.
Osteoporosis	DMO < 2,5 desviaciones estándar.
Osteoporosis Severa	Osteoporosis con una o más fracturas por fragilidad ósea.

Otro aspecto a tener en cuenta es la interferencia que puede producir la presencia de tejidos blandos. Los equipos DXA ofrecen un mejor rendimiento entre 10-60% de grasa corporal en el sector anatómico explorado, variaciones en ese rango, ya sea por encima o por debajo, alteran los valores obtenidos al modificar el valor basal de referencia de los tejidos blandos adyacente.

A nivel de la columna lumbar, en condiciones normales, la DMO aumenta en sentido descendente. Una variación exagerada de la medición entre una vértebra y la siguiente obliga a descartarla en la medición de la DXA, así como establecer un diagnóstico diferencial oportuno. Se encuentran valores muy bajos en las metástasis líticas, hemangioma vertebral, fractura vertebral, y valores muy altos en las metástasis blásticas, enfermedad de Paget, espondiloartrosis severa, entre otros.

## Universidad de Valladolid

Se recomienda la medición de la masa ósea en al menos dos localizaciones, tomando como referencia el valor más bajo calculado mediante DXA en columna lumbar, fémur total, o cuello de fémur. (25,102)

Respecto a las indicaciones de la realización de una DXA, hacer un cribado a la población general no ha demostrado tener beneficios y sí mayor pérdida monetaria, por este motivo existe una gran variabilidad en cuanto a las indicaciones de las mismas. (91)

La Sociedad Española de Reumatología (SER) recomienda realizar una DMO basal en:

1. Mujeres con menopausia precoz y algún factor mayor de riesgo de fractura.
2. Mujeres posmenopáusicas y varones de más de 50 años con algún factor mayor de riesgo de fractura.
3. Antecedentes de fractura por fragilidad en mayores de 50 años.
4. Enfermedad subyacente, o tratamiento crónico con fármacos que producen una pérdida de masa ósea.
5. Mujeres con más de 65 años y varones con más de 70 años, por lo menos una vez.
6. Evaluación de tratamiento farmacológico.

Para detectar cambios significativos en la DMO, con un intervalo de confianza del 95%, estos deben ser como mínimo 2,8 veces el coeficiente de variación (cambio mínimo significativo). Esto en la práctica clínica resulta muy difícil utilizar, por ello en su lugar se utiliza la diferencia mínima detectable establecida en 2% (cambio de la DMO lumbar  $\pm 0,05\text{g/cm}^2$  y en cuello de fémur de  $0,04\text{g/cm}^2$ ). (103)

Existen otras técnicas de medición de la DMO cuantitativas:

- 1) Axiales: a) Densitometría fotónica dual, b) Tomografía axial cuantitativa y c) Tomografía axial computarizada de alta resolución.
- 2) Periféricas: a) Densitometría radiológica monoenergética, b) Densitometría fotónica simple, c) DXA periférica de calcáneo, radio y falanges, d) Tomografía periférica cuantitativa, e) Ultrasonidos cuantitativos y f) Radiología digital cuantitativa.

Aunque bien es cierto que dichas técnicas son baratas, de fácil manejo y mayor rapidez, tienen como principal inconveniente que su precisión es baja. (98)

### C. Tomografía Axial Computarizada (TAC)

Es la mejor técnica para demostrar alteraciones de la estructura ósea cortical. Es menos sensible para el hueso medular principalmente en presencia de osteoporosis. (Figura 14) El patrón típico de las fracturas osteoporóticas se evidencian con las líneas de fractura del hueso cortical y esponjoso, mientras que en las patológicas predomina el patrón lítico, en fracturas por insuficiencia se observa afectación del pedículo. (104) Según el peso atómico y la densidad electrónica de un material va a depender la diferencia específica de cada material. La caracterización y detección de las lesiones está basada en valores de atenuación de tejidos o diferencias en el contraste de la lesión con el fondo. Con esta técnica ha sido posible diferenciar claramente materiales como el calcio y el yodo, que, teniendo diferentes composiciones muestran imágenes muy similares. (99)

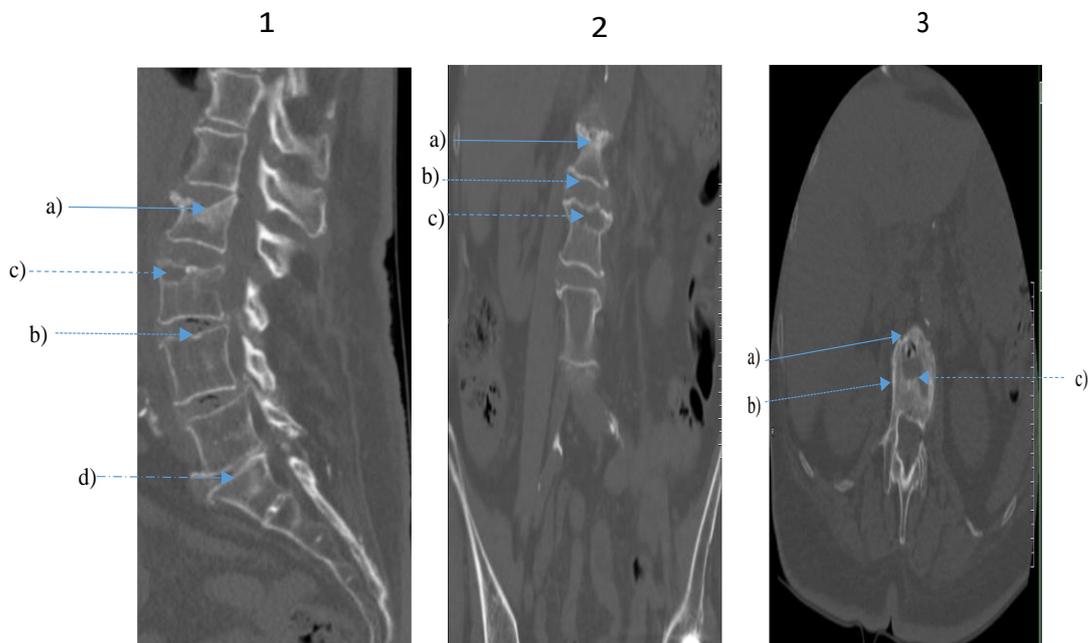


Figura 14. Fractura por insuficiencia en OP. 1- Corte Sagital evidenciando fractura de L2. 2- Corte Coronal. 3-Corte Axial (a)Interrupción de la cortical superior (Línea continua). (b) Bandas de esclerosis subcondral (Línea de puntos). (c) Hendidura intervertebral.

#### **D. La tomografía computarizada de energía dual TAC GSI**

Los primeros trabajos realizados entre 1970 y 1980 demostraron que la tecnología de energía dual mejora la caracterización de los tejidos; aunque para la fecha tenía una utilidad limitada debido al ruido producido en las imágenes de bajo kilovoltaje (Kv) y la cantidad de tiempo necesario para la adquisición de datos, conllevando a registros incorrectos y por ende conclusiones erróneas. (105)

Las nuevas tecnologías de TAC, permiten una adquisición de datos más rápida y esencialmente simultánea a dos energías diferentes según el fabricante, y un aumento del flujo de fotones, lo que es útil cuando se realizan en pacientes grandes u obesos. (106,107) Conocemos que las anomalías de la médula ósea pueden ser causadas por variaciones en la composición de la grasa y líquido. A través de la eliminación del calcio con esta prueba nos permite analizar la médula ósea en busca de anomalías. Permite realizar análisis de imágenes a través un algoritmo de descomposición de tres materiales para el mineral óseo, la médula amarilla y la médula roja. Gemstone Spectral Imaging (GSI) es una aplicación original de energía dual que emplea cambios rápidos de voltaje y genera datos de densidad del material que se pretende estudiar. Se pueden realizar estudios comparativos de materiales, por ejemplo agua-hidroxiapatita. (108)

Se puede utilizar como un método de estudio rutinario, ya que puede ofrecer resultados anatómicos y funcionales que permiten arrojar diagnósticos más precisos. La dificultad técnica radica en el postprocesado de las imágenes, ya que se realizan en estaciones de trabajo específicas (109). El procesado de las imágenes obtenidas permite comparación detallada y rigurosa de la atenuación entre los valores de alto y bajo kilovoltaje. Dichos valores son generados por vóxels individuales que permiten de este modo codificar materiales en colores distintos. (90)

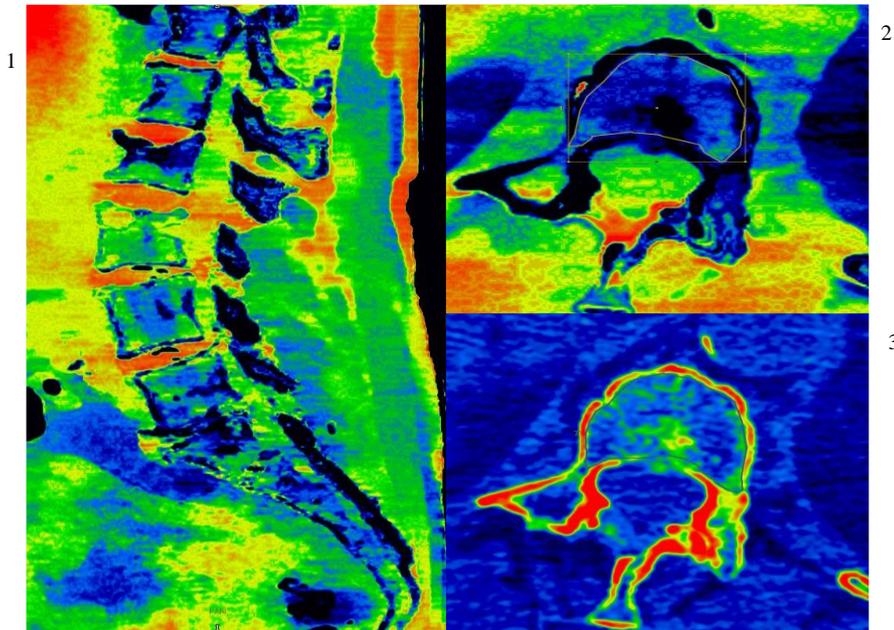


Figura 15. Imagen de TAC GSI, 1) Proyección Sagital, formato en arco iris, comparativa. 2 y 3 Proyección Axial, comparativa de Hidroxiapatita-Agua.

### E. Resonancia Magnética Nuclear (RMN)

A diferencia del TAC, que utiliza radiación ionizante para producir imágenes de diagnóstico, la RMN se basa en la absorción y emisión de energía de radiofrecuencia por núcleos de hidrógeno (contenidos en gran cantidad en agua y grasa) bajo la influencia de un campo magnético externo aplicado.

Las variaciones en la secuencia de pulsos de radiofrecuencia se utilizan para diferenciar entre tejido adiposo y masa libre de grasa: el tejido adiposo se caracteriza por un corto tiempo de relajación de protones T1 y T2 largo (98,99). Al no utilizar la radiación ionizante, la RMN, es adecuada para el seguimiento a largo plazo y para monitorizar la progresión de la enfermedad y la eficacia del tratamiento. La oportunidad de estudiar la red trabecular amplió el uso de la RMN para la investigación de los mecanismos de fragilidad ósea relacionado con la edad y enfermedad (99).

Los recientes avances en la RMN han aportado datos significativos al estudio del hueso osteoporótico, permitiendo la evaluación de las características del hueso trabecular y, por lo tanto, de sus propiedades biomecánicas. Las imágenes ponderadas en T1 y T2, las imágenes por desplazamiento químico, las imágenes ponderadas por difusión (DWI),

## Universidad de Valladolid

la resonancia magnética de perfusión mejorada por contraste dinámico y la espectroscopia de resonancia magnética de protones (H-MRS) son solo algunos de los enfoques basados en imágenes de resonancia magnética para investigar la composición y el estado óseo (110). Sin embargo, la investigación de la red trabecular con RMN es, tal vez menos intuitiva que con tomografía dual ya que los principios físicos subyacentes a la generación de imágenes de diagnóstico son complejos y completamente diferentes de los de las técnicas basadas en rayos X. En la RMN, el hueso cortical parece oscuro debido al pequeño número de protones móviles y al corto tiempo de relajación en T2; la red ósea trabecular también aparece como un vacío de señal, pero el hueso medular circundante da lugar a una señal alta, cuya intensidad depende de la cantidad de contenido de grasa frente a la medular. Las diferencias en la susceptibilidad diamagnética en las interfaces entre el hueso medular y la estructura ósea trabecular causan una reducción del tiempo de relajación de la médula en T2, y el alcance de esta desintegración depende de la densidad y la microarquitectura de las trabéculas circundantes. (111).(Figura 17).



*Figura 16. RMN de Columna dorsolumbar donde se evidencia fractura de D12. Corte Sagital secuencias T2, T1 y STIR respectivamente.*



### 1.5.6 Tratamiento De Las Fracturas Vertebrales

En la actualidad el tratamiento de las fracturas vertebrales está muy discutido, pudiendo ser conservador o quirúrgico, todo va a depender de las manifestaciones clínicas y del tipo de fractura (3). El tratamiento conservador no difiere mucho de los principios utilizados en la antigüedad: tracción, extensión y presión. Este tratamiento está basado en el uso de una ortesis lumbar o dorsolumbar según sea el nivel de fractura, analgésicos, reposo y calor local; asumiendo las comorbilidades asociadas y las secuelas de una falta de reducción de la fractura; ya que en este tipo de tratamiento el único método de reducción que se aplica es el de ligamentotaxis que consiste en una distracción continua producida en el caso de la columna por los ligamentos longitudinales anterior y posterior, que teóricamente llevarían los fragmentos de la fractura a su posición inicial, ya que producen un aumento de tensión en la parte posterior de la columna media mediante lordotización y distracción; lo que permite aumentar el volumen de la vértebra fracturada, creando una zona de presión negativa, induciendo así la succión de los fragmentos óseos.

Con este método no podemos esperar la reducción del platillo vertebral, ya que no tiene inserciones ligamentarias, por lo tanto no conseguimos una reducción anatómica de la fractura y por ello es esperable que existan complicaciones a medio y largo plazo en la columna vertebral solo con un tratamiento conservador (112). Con este método de tratamiento no controlamos el patrón de consolidación de la FV, observando complicaciones en el proceso de consolidación tales como quistes de Kummel, vértebras planas o pseudoartrosis, impredecibles en su aparición, con los datos diagnósticos y epidemiológicos que disponemos, aunque existen determinados factores como la edad, la localización de la fractura y la persistencia de dolor que podrían permitir hacer un diagnóstico precoz con el tratamiento conservador no permitirían su control. (3,47)

El tratamiento quirúrgico de las fracturas vertebrales por compresión (FVC), se trata de un tipo de cirugía mínimamente invasiva cuyo objetivo es aliviar el dolor, restaurar la anatomía, preservar la función y evitar la deformidad, mediante la inyección de cemento de PMMA en el cuerpo vertebral.

Desde el año 1986 se utilizó la inyección de cemento para el tratamiento de las fracturas vertebrales osteoporóticas; actualmente se conoce como vertebroplastia, cuyo fin es tratar el dolor tras la fractura y detener la progresión de los defectos en el raquis.



## Universidad de Valladolid

La complicación mayor con esta técnica es la falta de restauración vertebral y las fugas de cemento. A partir del año 1998 con el fin de mejorar los problemas fundamentales de la vertebroplastia, se desarrolla la cifoplastia mediante balón, que permite recuperar la altura vertebral para posteriormente rellenarla de cemento, proporcionando una restauración anatómica del cuerpo vertebral, su altura, reducción del anillo cortical y restauración anatómica de la placa terminal. Con esta técnica se consigue la desaparición del dolor, recuperar la altura vertebral reduce las complicaciones derivadas de la cifosis y la pérdida de altura. El uso de ambas técnicas está limitada a pacientes con mal control del dolor, donde la terapéutica con tratamiento analgésico durante los primeros 3-4 meses no ha logrado la supresión del mismo. Está descrito que el tratamiento mediante cifoplastia está limitado a fracturas por compresión y sólo a las primeras semanas de haberse producido la misma. En el caso de fracturas con una evolución subaguda o crónica el uso de ambas técnicas es discutible. (3,47)

Ahora, se están desarrollando dos métodos fundamentales para reducir las FVC. Uno es indirecto para reflejar el efecto sobre el cuerpo vertebral. Para ello se utiliza el efecto ligamentotaxis a través del posicionamiento del paciente. Otra técnica es actuar directamente sobre la propia vértebra, ejerciendo fuerzas directas sobre el hueso, es decir, realizando una cifoplastia con balón. Usando la movilidad dinámica de la FVC, es posible evaluar si el efecto de la ligamentotaxis puede reducir efectivamente el anillo cortical, y esto no debería tener efecto en la parte central de la placa terminal (113–116).

En 1987, Galibert y Deramond (117) describieron por primera vez la vertebroplastia. Los autores intentaron reducir la fractura vertebral mediante la colocación correcta del paciente. Para ello utilizaron la movilidad dinámica de la fractura vertebral. Faciszewski et al. (118) han actuado de la misma manera, estabilizando in situ la vértebra fracturada. Posteriormente, la cifoplastia percutánea mediante dispositivos intra óseos inflables.

Sin embargo, en este procedimiento, la reducción obtenida por los dispositivos durante la inyección de cemento no se puede mantener después del desinflado (119). Además, los dispositivos tienden a seguir el camino de menor resistencia, que no necesariamente coincide con la dirección de reducción. Aunque esos tratamientos son capaces de reducir el dolor y mejorar la calidad de vida (120,121), no hay evidencia de que la reducción de la placa terminal ocurra utilizando solo el efecto de la ligamentotaxis



## Universidad de Valladolid

o el balón. Además, los diferentes patrones de lesión y curación del disco pueden ser responsables de las complicaciones después de un tratamiento incompleto. (122)

Wang et al. (122) han indicado que, para evitar la aparición de cifosis tardía, es necesario reducir el ángulo de cifosis vertebral. Varios autores han reportado que tanto la reducción del ángulo de cifosis vertebral como la restauración de la altura son beneficiosas en enfermedades pulmonares, reduciendo el riesgo de mortalidad (123,124).

En vista de lo mencionado anteriormente, la restauración anatómica de la placa terminal debería mejorar los resultados al disminuir el dolor resultante de una mala postura biomecánica.

Desde hace algunos años, se ha venido utilizando el TAC y sus cortes 3D, para planificación, identificación y tratamiento de las fracturas vertebrales, con excelentes resultados. No solo se puede valorar el estado previo a la fractura del cuerpo vertebral sino cuantificar el daño actual y calcular objetivamente altura perdida, y por ende sirve como herramienta para el control postoperatorio valorando así los resultados obtenidos. (125,126)

Hay un segundo grupo de opciones como lo es la artrodesis vertebral, en la cual, se destruye la biomecánica articular con el objetivo de mantener un balance sagital óptimo y evitar los problemas derivados de ello.

Hay controversias sobre el manejo óptimo de las fracturas por estallido. El tratamiento quirúrgico más común consiste en la fijación posterior con aumento de tornillo en pedículo y barras. Se ha observado una pérdida de corrección en la restauración de altura y reducción de la cifosis. Se ha descrito el uso de una técnica mínimamente invasiva utilizando un implante de titanio expandible intravertebral percutáneo (PIETI). Es un método seguro y efectivo que permite una marcada mejora clínica, así como la restauración anatómica del cuerpo vertebral. A diferencia de otros tratamientos, los resultados se mantuvieron a lo largo del tiempo, lo que permitió una mejor mejora clínica y funcional a largo plazo. La tasa de fugas de cemento fue menor que las encontradas con otras técnicas. (127).

A fin de indagar estos tratamientos quirúrgicos con el uso de TAC con cortes 3D se realizó un estudio preliminar (Estudio de caso) con tres pacientes que presentaban ciertas anomalías. Se observó cómo la restauración de la anatomía vertebral antes de la estabilización se correlaciona con mejores resultados clínicos (ver capítulo 3).



## Universidad de Valladolid

### 1.6 Antecedentes de la Investigación

El aumento de la esperanza de vida, trae como resultados aumento de la capacidad vital y un aumento de las actividades físicas que anteriormente no se veían, y por ende la aparición de patologías, que aunque es cierto que existían antiguamente, la incapacidad que causan en el presente conlleva a una disminución de la actividad física y a una gran inversión médico asistencial para solventar dicha problemática. (1)

Tal problemática nos hace plantear la necesidad de buscar una solución eficaz, efectiva y eficiente, que no solo permita identificar una FVO, sino que sirva como herramienta para valorar el comportamiento del cuerpo vertebral, el tipo de fractura, ver su cronología, tratamiento y cuantificar la densidad mineral ósea. (12,13)

El estudio realizado por Li Guowei y colaboradores, denominado GLOW (Estudio Longitudinal Global de Osteoporosis en Mujeres), estudio longitudinal prospectivo de cohortes que involucra 17 países incluidos Italia, Francia, Países Bajos, Reino Unido, Bélgica, Alemania, España, EE. UU., Canadá y Australia, demostraba los resultados de salud y los factores de riesgo de fracturas osteoporóticas en mujeres de  $\geq 55$  años que asistieron a clínicas para su consulta en los últimos 2 años. Se definió obesidad como un índice de masa corporal (IMC)  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>, donde el IMC se calculó utilizando el peso (kg) dividido por el cuadrado de altura (m). Estos concluyeron que por sí solo la obesidad no era factor predictor de FV, en cambio cuando sumaban obesidad + fragilidad aumentaba proporcionalmente el riesgo de padecer una FV u otra fractura osteoporótica.

Resultados similares reporta Younghun Lee et al.(128) en una población china. Ellos estudiaban la prevalencia de FVO en población de edad avanzada, y su relación con la distribución de los músculos y la grasa en el cuerpo humano, de 461 pacientes (103 hombres y 358 mujeres), de estos, 110 (23,86%) tenían obesidad sin sarcopenia. Sus resultados fueron estadísticamente significativos cuando se sumaba un patrón sarcopénico a la obesidad, especialmente en mujeres, dándolo como un criterio esencial para la prevención de FVO. Una limitante de ambos estudios respecto al nuestro, es la ausencia del parámetro sarcopenia en nuestro trabajo de investigación (128). Consideramos que respecto a la variante actividad física, las pruebas son insuficientes para demostrar una relación directa con esta y la FVO, como lo describe Amir Qaseem et



## Universidad de Valladolid

al. (129) en la guía American College of Physicians (ACP) publicada en 2008 sobre el tratamiento de la baja densidad mineral ósea y la osteoporosis y el tratamiento para evitar fracturas en hombres y mujeres.

El estudio realizado por el grupo europeo de estudio prospectivo de la osteoporosis (EPOS) donde valoraron a 14.011 hombres y mujeres, de 50 a 79 años de edad, de 29 centros europeos distintos encontraron que la incidencia bruta de fractura fue de 9,9/1000 en mujeres de 50 a 79 años, y un 5.7/1000 en hombres. En ambos sexos la incidencia aumentó notablemente con la edad, aunque fue evidente que en todas las edades la tasa de fracturas fue mayor en mujeres que en hombres. (54)

Resultados distintos mostró el estudio realizado por Hedlund y colaboradores sobre los cambios en la forma vertebral en la osteoporosis espinal, realizados en 152 mujeres con edades comprendidas entre 45 y 90 años con FV, identificaron 570 fracturas anteriores y 154 fracturas posteriores con un patrón bifásico con frecuencias máximas para las fracturas anteriores en T7, T8 y T11, T12, observando también dicho patrón bifásico para fracturas posteriores sobre todo en el área torácica inferior y lumbar. Cuando compararon la altura y el peso de 55 mujeres normales (edad media 57,3 años, rango 53-67 años) con el de 55 mujeres con fracturas vertebrales (edad media 58,4, rango 50-65). El peso medio de las mujeres con fracturas (59,5 kg) fue significativamente menor ( $P < 0,001$ ) que el de las mujeres normales (67,7 kg). La altura media de todas las mujeres con fracturas (158,6 cm) fue significativamente menor ( $P < 0,001$ ) que la de las mujeres normales (163,7 cm). (130)

La International Osteoporosis Foundation considera la detección precoz de las FVO un elemento fundamental en la prevención de nuevas fracturas, osteoporóticas o no osteoporóticas. Muchos autores concuerdan con este lineamiento, y han publicado diversos trabajos de investigación en busca de un algoritmo eficiente para la detección precoz de FVO asintomáticas. Las sociedades nacionales e internacionales de osteoporosis y fracturas por fragilidad no recomiendan el cribado universal de FV mediante radiografía de columna, únicamente lo recomiendan en aquellos pacientes con clínica sugestiva de FVO o con antecedente de osteoporosis densitométrica (131). Las guías recientes de la National Osteoporosis Foundation y de la International Society for

## Universidad de Valladolid

Clinical Densitometry para la búsqueda de FV incluye: en unos de sus criterios edad  $\geq$  50 años y uno de los siguientes: fractura por caída de bajo impacto, pérdida de más de 4 cm de estatura respecto a la basal, pérdida de más de 2 cm en los últimos meses o tratamiento con glucocorticoides (39,131). Por lo antes descrito, consideramos en nuestro proyecto de investigación la radiografía de columna vertebral, como la técnica Gold standard, más sencilla y económica para el diagnóstico de FVO. No obstante, presenta algunas limitaciones: la primera de ella es que es una prueba dependiente de la técnica: la observación del cuerpo vertebral variará según la oblicuidad con la que se realiza la radiografía pudiendo crear falsas imágenes. En segundo lugar es que presenta dificultad para la interpretación; variara según quien esté analizando la imagen. Y en último lugar es que dicha técnica permite identificar fracturas con aplastamientos moderados/graves, pudiendo pasar inadvertidos las fracturas leves sobre todo si se encuentran en la zona cervicodorsal. (131)

Delmas et al. (132), en el estudio IMPACT, estudio multicéntrico y multinacional que tras definir los parámetros técnicos que debían seguir tanto el personal encargado de realizar las pruebas de imagen como los profesionales que se encargarían de dar el diagnóstico con dicha prueba, como la técnica de imagen (mesa Bucky), el tamaño de la radiografía, el tiempo de exposición, el pico de kilovoltios, la colimación del haz de rayos X, el posicionamiento del paciente, la distancia de la película de enfoque (40 pulgadas o 100 cm), la técnica de respiración de los pacientes y la inclusión de T12 en las radiografías torácicas y lumbares y centrada en T7 y L2, respectivamente, sirvió para evaluar los diagnósticos radiográficos de fractura vertebral en 2451 mujeres posmenopáusicas con osteoporosis reportando un error del 68% del fallo en el diagnóstico de una FVO y un 34% de falsos negativos.

Desde 1960, ya se comienzan a leer trabajos de investigación con distintos métodos que servía para definir la FV y que servirían de base para plantear el mejor tratamiento.

Nordin en 1960 (133) utiliza la altura vertebral de la región central de la vértebra lumbar mejor centrada como referencia y lo divide por la altura anterior del mismo cuerpo vertebral, y este resultado lo multiplica por 100, para así obtener un valor numérico que definió como altura vertebral del anillo cortical.



## Universidad de Valladolid

Hurxthal en 1968 propuso medidas en valores absolutos de la altura vertebral recalcando los fallos potenciales existentes, utilizó dicho método de medida sólo para el diagnóstico de las fracturas vertebrales y nunca para aquellas fracturas de origen patológicas y progresivas. (134)

Briefly, digitalizando las líneas que dibujaba sobre la radiología simple calculaba tres alturas en cada vértebra, la altura anterior, altura media y la altura posterior del cuerpo vertebral. No hacía referencia al platillo vertebral, ni a los otros componentes de la vértebra que se ven afectados en una fractura vertebral por compresión. (135)

Melton utilizando una serie de ratios entre las distintas alturas vertebrales, (anterior, media y posterior) y comparándolos con las alturas vertebrales normales, consideraba la existencia de una FV por compresión. (136)

Utilizando el trabajo de investigación de Melton-Eastell le realiza modificaciones, define que una desviación estándar tres veces inferior al valor medio definía una deformidad vertebral, e incluso le asigna grados de severidad de la FV según esta desviación estándar y según la morfología vertebral medida en la radiología simple. (137)

McCloskey, le da unos valores a la pared posterior en función de diferentes coeficientes de altura vertebral anterior, altura posterior y una altura posterior esperada que permiten identificar una FV.(138)

Leidig-Bruckner et al, en el año 1991, realiza un estudio donde compara los distintos métodos utilizados para valorar una FV. Reconoce que los métodos existentes son arbitrarios, y que los resultados obtenidos por ellos presentan una variabilidad a la hora de definir los criterios de normalidad de un cuerpo vertebral, por lo que se hace más difícil definir una FV (139), al concluir este estudio, Sauer define el índice de deformidad de la columna (SDI) como fiable para cuantificar la deformidad vertebral. La limitación de este estudio es que está basado en datos de altura vertebral, pudiendo tener una gran variabilidad intra e interobservador (140).

En el año 1992, Kleerkoper y colaboradores (141) modifica el índice vertebral radiológico de Meunier e introduce una puntuación individual a cada vértebra desde T4

## Universidad de Valladolid

a L5, que va de 0 a 3 dependiendo del tipo de deformidad, este esquema utiliza como base la teoría de las 3 columnas propuesta por Dennis y colaboradores (88), asignando una puntuación de 0 a 3 según la deformidad presente en la columna anterior, media o posterior clasificándola en grado 1 a 3, si ésta se reduce al menos 4 mm o un 15% que la vértebra más cercana sana. Al igual que con el índice vertebral radiológico de Meunier, esta puntuación se basa en el tipo de deformidad del cuerpo vertebral, pudiendo pasar desapercibido según el examinador que las valora, hay que tener claro que una deformidad vertebral no siempre representa una FV, aunque una FV siempre se expresa como una deformidad vertebral.

La misma conclusión la realiza Black et al en 1995, en su estudio sobre las fracturas osteoporóticas, manifiesta la gran complejidad para comparar y estudiar las FV ya que no existe un único método de referencia para definir las deformidades vertebrales (142). Estudia la altura vertebral anterior, media y posterior, y define las deformidades vertebrales en base a las diferencias entre los cocientes de la altura vertebral, sin estudiar la estructura tridimensional de la vértebra ni el platillo vertebral. En 1999 publica un nuevo estudio sobre la importancia de la prevalencia de las deformidades vertebrales en la predicción de fracturas de cadera, CV y de muñeca, utilizando ratios (basados en los métodos de Meltón-Eastell) de medida de la altura anterior, media y posterior, considerando patológicos cuando existen tres desviaciones estándar respecto a la media para el nivel vertebral afectado, o cuando existe una pérdida de altura superior al 20% o a 4 mm en la altura anterior, media o posterior de cualquier cuerpo vertebral (143).

Genant y colaboradores realizan una revisión minuciosa de los enfoques cualitativos o semicuantitvos y los cuantitativos o morfométricos que existían hasta el momento, con el fin de compararlos y determinar cómo se podrían aplicar la combinación de estos métodos en la valoración de las FV (144). Reporta que hay un patrón que se manifiesta comúnmente en la FVO que es la biconcavidad de las vértebras, también reflejado en el trabajo de investigación de Barnett, Nordin y colaboradores (133), que miden un cociente a partir de la altura vertebral observada y la altura vertebral anterior, realizaban esta medición en una sola vértebra lumbar y definieron un valor inferior a 0,8 como diagnóstico de OP, aunque no observaron correlación entre esta medición y la



## Universidad de Valladolid

DMO. Así mismo, Genant menciona que fue Hurxthal y colaboradores, los primeros en describir exactamente la medición de las alturas vertebrales con el fin de evaluar el defecto vertebral en cuña anterior (134,144).

El diagnóstico de FVO basado en la observación que realiza el radiólogo o médico experimentado y que valora las características básicas de las deformidades vertebrales se conoce como métodos visuales estandarizados o semicuantitativos. Por el que se le va asignando puntos a deformidades o FV según su forma o tipo y gravedad de la lesión, sin hacer medición de las dimensiones del cuerpo vertebral.

Grigoryan y colaboradores en el 2003, quien hace un estudio para reconocer las FVO y describe como Meunier en 1968 que cada vértebra se clasificará e identificará según su forma y deformidad. Dividiendo la deformidad en 4 grados, donde el grado 1 se le asignaba a una vértebra normal sin deformidad y el grado 4 a una fractura de la placa terminal o una fractura en estallido. Se utiliza conceptos como “índice vertebral radiológico” como la sumatoria de los grados de todas las vértebras o el cociente de esta suma respecto al número de vértebras. (135)

Magerl y colaboradores (89) describe un sistema de valoración de la FV mediante la reducción de la altura vertebral y el cambio morfológico del mismo, pudiendo diferenciarla de otras deformidades. Se podría hacer medición desde T4 hasta L4, dividiéndola en 4 tipos; la tipo A, fractura por compresión. Las fracturas por distracción, que compromete elementos de la columna anterior y posterior se clasifican dentro del grupo B, tienen afectación transversal del CV. Las lesiones del tipo C, además de afectar los elementos de la columna anterior y posterior, asocian alteración rotacional del CV. La gravedad va progresando del tipo A al tipo C. Esta clasificación también tiene limitaciones dependiente de la morfología propia de la de cada segmento de la CV que pudieran dar falsos positivos si no conocemos la anatomía de cada segmento (45,51,144). Otros de los inconvenientes es que no considera el mecanismo de la fractura y la presencia o no de lesiones neurológicas asociadas.

Bazzochi y colaboradores, en su estudio sobre la fiabilidad y precisión del TAC en FV, estudia 1522 cuerpos vertebrales, correspondiente a 130 hombres y 170 mujeres en



## Universidad de Valladolid

edades comprendidas desde 41 a 92 años, 75 de ellas fueron diagnosticadas por TAC como FV, de los cuales 21 de ellas (28,76%) eran de L1, seguidas de T12, L2, L3 y L4 con 14,66%, 13,33%, 12%, 10,66% respectivamente. (145)

Ruíz y colaboradores realizan una revisión de la clasificación de fracturas toracolumbares en función de las imágenes cuantitativas que se realizan para su diagnóstico; refieren que la Rx con su proyección Ap y lateral de columna vertebral es la prueba adecuada para la primera valoración de un paciente que ha sufrido un traumatismo de baja energía. La proyección Ap nos permite medir la distancia interpedicular (aumentada en la fractura estallido) y la distancia interespinosa (lesiones del complejo ligamentario posterior). Cuando se evidencia un aumento del 20% de la distancia interespinosa sería indicado tratamiento quirúrgico. Consideran que el TAC debe realizarse en casos de trauma de alta energía (para descartar fracturas y descartar lesiones de órganos nobles) y en aquellos pacientes con trauma de baja energía, pero con sintomatología dolorosa persistente o alta sospecha clínica. Reportan que la sensibilidad del TAC para fracturas del segmento toracolumbar oscila entre el 95 y el 100%, refieren que es más preciso que la RMN para valorar las lesiones de los elementos posteriores y cuantificar el daño, la ubicación y tamaño de los segmentos fracturados. Recomiendan que el estudio por medio de RMN sea realizado en pacientes con lesión neurológica para localizar el segmento lesionado, gracias a las imágenes ponderadas en T2 se ve el edema evidente en el canal medular y sirve para cuantificar el daño y el segmento afectado. A través de la RMN se puede valorar el daño de los elementos posteriores, su ruptura es representada como una interrupción franca en la anatomía del ligamento y se visualiza una imagen hiperintensa. (98)

Ambrose en su estudio sobre caídas y fracturas (146) considera que las caídas son una de las principales causas de morbilidad en los adultos mayores, representando el 87% de causas de fractura en dicha población.

Melton, en su estudio sobre 300 mujeres en la población de Rochester, Minnesota con edades comprendidas entre 50 y 92 años, encontró que sólo 5 pacientes referían mecanismo traumático y el resto sin mecanismo claro, considerando dichas fracturas como osteoporóticas, también encuentra una asociación directa entre disminución de



## Universidad de Valladolid

densidad mineral ósea en pacientes mayores de 50 años y aparición de fracturas vertebrales. En este estudio también describe que la presencia de una FV incrementa por 5 el riesgo de padecer nuevas fracturas vertebrales.(136)

Al igual que en el trabajo propuesto por Magerl (89) que valoró la afectación de los elementos anterior y posterior, dándole un valor al daño que sufre las partes blandas, con nuestro trabajo valoramos no solo las estructuras que forman parte del componente ligamentario, sino el comportamiento del cuerpo vertebral, según el mecanismo que produce la lesión inicial. Así consideramos que la pérdida de altura implica fuerza compresiva, mientras que una fractura transversal sugiere un mecanismo de distracción y cizallamiento, y cuando la fractura se produce verticalmente implica mecanismo de torsión. Ya lo expuso Magerl (89) que los patrones de fracturas puede ser modificados según el tipo de fuerza, así como la magnitud y la velocidad de la misma. También explica que las variaciones naturales de la anatomía de la columna vertebral son responsables de lesiones específicas que se pueden encontrar en el segmento toracolumbar. Cuando se afecta el componente discoligamentario, es preciso considerar estabilización y fusión de la CV, ya que el potencial de cicatrización es deficiente, y hay que evitar la inestabilidad crónica mediante mecanismo de fusión.

En la guía de práctica clínica de la Sociedad Americana de Endocrinología refieren que la DXA es el Gold estándar para el diagnóstico y seguimiento del tratamiento de la OP, refieren que está indicado el estudio con DXA en mujeres mayores de 65 años y en mujeres con menopausia precoz con alto riesgo de pérdida ósea y fracturas asociadas, según el riesgo de sufrir una fractura. Recomiendan no realizar la medición de la DMO en niños, adolescentes u hombres jóvenes sin antecedentes o mujeres premenopáusicas, a menos tengan un historial significativo de fracturas producidas por mecanismo de baja energía o haya factores de riesgo específicos para la pérdida ósea, como la terapia a largo plazo con glucocorticoides. Recomiendan la medición de columna lumbar y fémur proximal. A nivel de columna lumbar se centra su estudio a nivel de L4. La DXA no está exenta de errores, muchos de ellos son errores humanos producto de una baja e inadecuada capacitación a la hora de analizar dicha prueba; errores a la hora de posicionar el paciente para realizar la prueba así como del análisis de la región de interés (ya sea por



## Universidad de Valladolid

análisis de vertebras fracturadas o por análisis de vértebra con grado avanzado de artrosis.  
(100)

Unnanuntana en su estudio sobre la evaluación del riesgo de fractura describe que la densidad mineral ósea se considera la medida estándar para el diagnóstico de la osteoporosis y nos permite evaluar el riesgo de fractura, además hace la acotación que la mayoría de las fracturas por fragilidad se producen en pacientes con densidad mineral ósea en el rango osteopénico. (21) Aunque la DMO no se puede utilizar como único predictor de resistencia ósea. La gran mayoría de los pacientes con fracturas por fragilidad tienen una T superior a -2,5.

Black y colaboradores (143), reportaron que las mujeres con FV tenían una DMO más baja que aquellas sin FV, así mismo reportaron que las mujeres con FV tenían peor salud, mayor lentitud al caminar, realizaban menos ejercicios tenían una vida menos activa y eran más propensas a caídas en los primeros 12 meses, tras el diagnóstico de FV.

Ensrud y colaboradores, realiza un estudio prospectivo de cohortes en 6252 mujeres mayores de 65 años, comparando el valor obtenido por la herramienta de evaluación de riesgo de fracturas (FRAX) comparándola con el modelo de la edad y DMO para predicción de fracturas, y concluyen que al igual que la herramienta de evaluación de riesgo, la DMO es una buena herramienta para predecir el riesgo de fracturas futuras (10 años) en cadera y fracturas osteoporóticas. (73)

Referente al estudio espectral con TAC, su estudio y aplicación data de los años 70, donde realizaban 2 adquisiciones por separado de la región a valorar. Inicialmente fue poco aceptada por los profesionales médicos ya que los valores del TAC presentaban inestabilidad, se necesitaban tiempos prolongados para poder realizar las adquisiciones del paciente, lo que podía provocar movimientos del paciente lo que traía como consecuencia reportar un estudio poco específico por los errores cometidos, tenía poca resolución espacial y un postprocesado bastante complejo. Es por ello que año tras año se logra mejorar las maquinas encargadas de realizar dichas pruebas, permitiendo realizar el estudio de los cuerpos por la interacción que realizan los fotones sobre los haces de los rayos X utilizados en dicha prueba. Uno de los elementos que constituye el cuerpo



## Universidad de Valladolid

humano y que sirve como herramienta de análisis en el TAC de energía dual es la relación de los fotones sobre el calcio y el yodo obteniendo distintas atenuaciones (expresadas en un mapa de colores), lo que permite caracterizar o cuantificar distintos materiales a niveles de energía distintos según sus diferencias espectrales. (105)

Karaka y colaboradores realizan un estudio prospectivo para valorar la capacidad del TC de energía dual en comparación con la RMN para identificar las fracturas agudas, para ello realizan un estudio en 23 pacientes con 32 fracturas vertebrales que se sometieron tanto a TAC de energía dual como a RMN para posteriormente ser analizado por cinco radiólogos distintos y con amplia experiencia en el sector, valoraron un total de 209 vértebras; sus resultados revelaron que la RMN identificó un total de 47 vértebras con edema (22,4%) y el TAC de energía dual 44 vértebras con edema, refieren que si se utiliza la RMN como prueba estándar de referencia, el TAC obtuvo una sensibilidad de 89.3%, especificidad de 98.7%, valor predictivo positivo 95.4%, valor predictivo negativo 96,9% y precisión 96,6%. Concluyen que el TAC de energía dual se puede utilizar como herramienta diagnóstica alternativa para valorar la presencia de fracturas vertebrales agudas. (108,109)

Pache y colaboradores en 2010 realizan un estudio prospectivo comparativo de TAC de energía dual vs RMN en lesiones postraumáticas de rodillas en 21 pacientes, en los que se evidenció lesión en la medular ósea en la RMN diagnosticándolas como fracturas en 8 pacientes, la calificación reveló áreas bajo la curva similares en la valoración realizadas por los radiólogos, reportando para el TAC una sensibilidades del 86,4 % y el 86,4 %, con especificidades reportadas del 94,4 % y el 95,5 % entre los 2 observadores encargados de hacer el diagnóstico radiológico. Concluyen que el TAC de energía dual puede sustraer el calcio de la cortical ósea aumentando el potencial diagnóstico en la medular. (147)

Ya en el estudio de Link y colaboradores, habían estudiado que la RMN en su proyección T2 se podía utilizar para valorar la densidad de la medular ósea y la calidad de la red ósea trabecular, habían explicado que se podría calcular los parámetros correspondientes a las medidas histomorfológicas del hueso trabecular por lo que se podía realizar análisis in vivo. Dicho estudio experimental analizó la estructura ósea trabecular



## Universidad de Valladolid

utilizando imágenes de RMN de columna vertebral y fémur de cadáver para correlacionar las características estructurales con las medidas de la fuerza ósea y la densidad mineral ósea, para ello se analizaron 29 cubos de hueso de 12 especímenes de fémur de cadáver y 29 cuerpos vertebrales (12 cuerpos lumbares y 17 cuerpos torácicos) de 20 donantes con una edad media de  $43,4 \pm 16,1$  años (23-67 años) de una muestra sana del banco de hueso. Realizaron cortes centrales similares con TAC y RMN, en dichas imágenes se seleccionaron ROI centrales con una longitud de 10 mm para su análisis. Finalmente concluyen que la RMN y el TAC se puede utilizar para predecir la fuerza ósea, mejorando la predicción del módulo elástico más que la DMO por sí sola, proporcionando información adicional que podría permitir comprender la evolución de enfermedades óseometabólicas y las respuestas a tratamientos farmacológicos. (110)

Aunque el edema de la médula ósea se visualiza mejor en la RMN, identificándose como áreas de hipointensidad de la señal ponderada en T1 e hiperintensidad en imagen de supresión grasa o ponderada en T2, Nicolaou y colaboradores, en su publicación sobre el estudio de TAC energía dual como una técnica novedosa y prometedora para la evaluación del sistema musculoesquelético, refiere que esta prueba permite sustraer el calcio del hueso esponjoso para así identificar el edema en la médula ósea, basado en el análisis del estudio realizado por Pache y colaboradores, donde evaluaron a 236 ROI de la tibia y fémur de 21 pacientes con traumatismo de rodilla que fueron sometidos tanto a TAC de energía dual como a RMN, así mismo los autores informaron una sensibilidad del 86,4% y especificidad del 94,4%, atribuyendo la menor tasa de sensibilidad a la inexperiencia en el manejo del TAC de energía dual. Los autores sugirieron el uso de imágenes virtuales sin sustracción de calcio, codificadas por ROI a través de un mapa de colores para mejor detección visual de los cambios de atenuación de la médula ósea.(148)

Ebbesen y colaboradores, valoran los cuerpos vertebrales (L3 y L4) extirpados en la autopsia de 221 pacientes de los cuales 90 mujeres con una edad media de 65,6 (rango 18-94 años) y 131 hombres con una edad media de 62,0 (rango 21-94 años), a los cuales se les realizaban TAC y DXA, para identificar si había diferencias entre sujetos femeninos y masculinos según su rango etario. Con ambos métodos se evidenció una disminución de la densidad mineral ósea con la edad (aproximadamente  $0,8 \text{ g/cm}^2$  con la DXA y 30

## Universidad de Valladolid

mg/cm<sup>3</sup> con el TAC, dicha disminución era más prevalente en mujeres ( $r^2 = 0,68$ ,  $p < 0,00001$ ). El TAC y la DMO ajustado a ancho (g/cm<sup>3</sup>) se correlacionaron significativamente, con  $r^2 = 0,64$  ( $p < 0,00001$ ) para las mujeres y  $r^2 = 0,61$  ( $p < 0,00001$ ) para los hombres. Con su trabajo, demostraron que había diferencias significativas relacionadas con la edad según la prueba realizada, así también demostraron que con cualquiera de las pruebas realizadas las mujeres tenían valores más bajos que los hombres en todos los grupos etarios. Al utilizar las mediciones volumétricas, se evidenció que las mujeres tenían densidades más altas mientras más jóvenes eran en comparación a los hombres que tenían mayores, mientras mayor edad tuvieran. Respecto a la densidad de área medida por DXA, se evidenció que esta fue menor en mujeres respecto a los hombres con una misma densidad ósea volumétrica según TAC. (149)

Shao y colaboradores, para estudiar la relación entre el sexo con la edad y las densidades de calcio-agua (Ca<sup>2+</sup>) y Agua- Ca<sup>2+</sup>, realiza un estudio en 235 pacientes (113 hombres y 122 mujeres) con edades entre 20 y 87 años, con una edad media de 50,6 años, diagnosticados previamente de OP mediante DXA, a los cuales le realizan TAC GSI. Dividieron los pacientes en 7 grupos, cada uno en rango de 10 años de diferencia. Realizaron mediciones de calcio y calcio-agua en ROI en L3, seleccionando todo el hueso esponjoso con una distancia mínima de separación de 5mm del borde cortical, evitando así cualquier formación ósea o plexo venoso. Observaron que la mayor densidad de Ca<sup>2+</sup>-agua estaba presente en el grupo de 20-29 años de hombres ( $79,4012 \pm 7,8896$  mg/cm<sup>3</sup>), y de 30-39 años en mujeres ( $80,6,6257 \pm 8,6175$  mg/cm<sup>3</sup>); mientras que la densidad de Agua- Ca<sup>2+</sup> en hombres de 20-29 años fue de  $1.024.1680 \pm 7.5345$  mg/cm<sup>3</sup>, y de  $1.028,3190 \pm 10,3976$  mg/cm<sup>3</sup> en mujeres de 30-39 años, evidenciando que tanto en hombres (en todos los grupos) como en mujeres (mayores de 40 años) tenían una tendencia clara de disminución de concentración de Agua- Ca<sup>2+</sup> y de Ca<sup>2+</sup> agua medidas a través del TAC GSI ( $r = -0.6815$ ;  $P < 0,01$ ). (8)

Yue y colaboradores, realizan un estudio comparativo entre los resultados obtenidos mediante TAC espectral y densidad mineral ósea mediante DXA, 305 mujeres fueron sometidas a TAC espectral, 127 de ellas se sometieron simultáneamente a DXA, mediante análisis de varianza unidireccional (ANOVA) se analizaron las diferencias de



## Universidad de Valladolid

mediciones entre grupos de edad y por medio de la correlación de Pearson se evaluó la asociación entre la edad y la densidad de calcio, la concentración de agua según la edad y la DMO, y la densidad de calcio versus la DMO, obteniendo una correlación negativa significativa entre densidad de calcio y la edad ( $r = -0,719$ ), así como la DMO y la edad ( $r = -0,551$ ), también encontraron una correlación positiva entre densidad de calcio la DMO. Concluyendo que la densidad de calcio medido en el cuerpo vertebral lumbar por TAC espectral, tenía una distribución por edad similar a los resultados evidenciados por DXA, y que el TAC espectral podría utilizarse como método para medir la densidad mineral ósea en mujeres adultas. (150)

En lo referente al tratamiento quirúrgico, Rohlman y colaboradores realizan un estudio tridimensional en un modelo de elementos finitos no lineales de la columna lumbar, para estudiar el grado de resolución, fuerza del músculo lumbar, presión intradiscal y las tensiones en las placas de la CV intacta y tras tratamiento con cifoplastia y vertebroplastia. Consideran que la cifoplastia reduce casi completamente la fractura vertebral corrigiendo el ángulo cifótico, mientras que la vertebroplastia no corrige dicho ángulo, evidenciando un aumento de la fuerza de presión en dicho segmento de hasta 200% con la vertebroplastia y sólo un 55% para la cifoplastia. Así mismo se evidencia un aumento de la presión intradiscal en un 60% para la vertebroplastia vs 20 % para la cifoplastia. Respecto a la fuerza muscular, la respuesta compensatoria del desplazamiento vertebral es del 20% para vertebroplastia vs 7,5% para cifoplastia, consideran que las ventajas de la cifoplastia sobre la vertebroplastia depende sólo de la reducción casi completa de la fractura, si no se logra dicho efecto las diferencias son mínimas o inexistentes, también concluyen que el temido efecto de las fracturas vertebrales adyacentes no son inducidas por la rigidez de la vértebra tratada, sino por el desplazamiento anterior del tronco sobre el extremo fracturado. (95)

Referente a la fragilidad, Miller y colaboradores realizan una evaluación de la fragilidad como herramienta para estratificar el riesgo de la cirugía del raquis en adulto utilizando una base de datos de una población americana sometida a cirugía del raquis, calculan las puntuaciones de fragilidad con un método validado para 417 pacientes, con un seguimiento mínimo de 2 años, sobre esta base de puntuaciones los autores clasifican



## Universidad de Valladolid

a los pacientes como no frágiles (menos de 0,3 puntos), frágiles (0,3-0,5 puntos) o gravemente frágiles (mayor de 0,5 puntos), realizan análisis de correlación entre fragilidad y la incidencia de complicaciones, encuentran que la puntuación media del índice de fragilidad fue de 0,33 (rango de 0,0 a 0,8). Cuando se comparaban los pacientes sin fragilidad con los frágiles y gravemente frágiles se obtuvo una estancia media más largas en pacientes muy frágiles (1,2 y 1,6 veces respectivamente;  $p < 0,001$ ). Así mismo se evidenció que las probabilidades de experimentar una complicación intraoperatoria o postoperatoria mayor era más alta en los pacientes muy frágiles (OR 4.1) en comparación con los frágiles (OR 2.8) y no frágiles ( $p < 0,01$ ), de la misma forma aumento el riesgo de desarrollar cifosis proximal siendo más evidente en paciente extremadamente frágiles (OR 31) en comparación con pacientes frágiles (OR 2.8). Los pacientes extremadamente frágiles tenían más probabilidades de desarrollar pseudoartrosis (OR 13,0), infección profunda de la herida (OR 8,0) y dehiscencia de la herida quirúrgica (OR 13,4) y 2,1 veces más de probabilidades de reintervención ( $p < 0,05$ ). (58)

Aunque es bien conocido que mientras mayor sea el índice de fragilidad mayor será las complicaciones pre y postoperatorias que presenten los pacientes, Pierce y colaboradores realizan un estudio para valorar la recuperación clínica tras una intervención quirúrgica en aquellos pacientes con deformidades espinales, para ello analizaron un total de 191 pacientes (80% mujeres y 20% hombres) con una edad media de 59 años, y un seguimiento de 3 años. Se incluían datos relacionados con la calidad de vida y su estado de salud al año y 3er año tras intervención quirúrgica. Estos pacientes fueron clasificados según su índice de fragilidad en sin fragilidad (índice menor de 0,1), fragilidad leve (de 0,3 a 0,5), y fragilidad grave mayor de 0,5. Se les realizó el cuestionario con sus 22 preguntas de Scoliosis Research Society (SRS-22), para clasificar el dolor se utilizó la clasificación numérica (NRS) y para cuantificar el grado de discapacidad se utilizó el índice de Discapacidad de Oswestry (ODI). Encontraron que el 43,6% no tenían fragilidad, mientras que 40,8% se identificaron como pacientes frágiles y 15,6% pacientes muy frágiles. Según el SRS-22 los pacientes sin fragilidad ocuparon el 40%, mientras que los pacientes con fragilidad leve estaban más deformados (64%) en comparación con los muy frágiles (57%). Dichos grupos presentaron una mejoría a los 3 años en SRS-22, ODI y NRS ( $P < 0,001$ ), finalmente en controles de deformidad de raquis e invasividad de



## Universidad de Valladolid

tratamiento quirúrgico concluyen que aunque todos los grupos de fragilidad mostraron mejoras en sus puntuaciones de las escalas realizadas, los pacientes muy frágiles mostraron más mejoría clínica en SRS-22 (No frágiles: 1.21, Frágiles: 1.32 y muy frágiles 1.66.  $P < 0,00$ , NRS y ODI, lo que significa mientras mayor sea la fragilidad los pacientes tienen mayores márgenes de mejora tras la intervención quirúrgica y por ende mejor calidad de vida. (151)

Construida la teoría que sustenta la investigación que se presenta en este informe y revisados los trabajos que aluden a la temática en estudio se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

*La cantidad de agua contenida en una región de interés de una vértebra medida por TAC GSI diagnóstica a un paciente con osteoporosis tal como lo hace DXA y esa presencia de agua también nos indica si el paciente tiene una fractura aguda o subaguda tal como lo hace RMN.*



## **2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **Presentación**

En este capítulo se presenta la naturaleza de la investigación, el tipo de estudio, el diseño y procedimientos de los estudios preliminares y de la investigación central.

#### **2.1 A. Estudios Preliminares**

##### **A.1 Restauración en Fracturas Vertebrales por Compresión (FVC) y Evaluación de Efectividad Basada en Tecnología 3D: Estudio de caso**

Es una investigación exploratoria de corte estudio de caso. Se indagaron tres pacientes, dos varones de 36 y 71 años y una mujer de 57. El objetivo es evaluar la estabilidad del cuerpo vertebral involucrado, y seguidamente definir la estrategia quirúrgica que se debe utilizar para reducir la fractura vertebral, con respecto a los defectos de los platillos vertebrales. Este estudio permitió inferir que la técnica TAC GSI y las regiones de interés es útil al momento de cuantificar el volumen del CV (objetivos centrales de la investigación).

##### **A.2 Descripción de pruebas diagnósticas y tratamientos para FV: un estudio narrativo**

Es una investigación descriptiva pues es una puerta de entrada a los estudios analíticos. Su objetivo es analizar la subluxación rotatoria en el CV: C1-C2 en adultos, dada su rareza a fin de clasificar y categorizar los diversos estudios diagnósticos y su importancia reportados en la literatura. Se realizó una búsqueda estructurada en las bases de datos. Se encontró que, al estudiar y reconocer las diferentes opciones de tratamiento quirúrgico, existen numerosas técnicas disponibles, todas ellas conducentes a la estabilización así mismo se clasificaron las pruebas utilizadas para diagnosticar FV como Rx, RMN, TAC con cortes 3D y TAC.

#### **2.2 Naturaleza De La Investigación Central**

El estudio que se presenta en este informe está inmerso en el paradigma Empírico Analítico. La realidad a estudiar es observada por el investigador desde una posición objetiva y externa (104). El propósito de este tipo de investigación es observar, explicar, controlar y predecir a través de métodos cuantitativos, el fenómeno estudiado, en este



## Universidad de Valladolid

caso, estimar la densidad mineral ósea mediante estudio de TAC con protocolo GSI (método que surge a partir del estudio de caso que se especifica en A.1) en dos grupos de sujetos (pacientes) que presentan ciertas características explicando con esto la precisión de una prueba diagnóstica nueva (TAC GSI-2Bwater) contra una prueba Gold estándar (DXA). Se caracterizaron grupos de estudio sin selección aleatoria. La investigación es transversal y de proceso (104). Se define cada una de las características de los grupos, asignando a un grupo control (categórico) de estudio a aquellos pacientes sin FV que acudieron a la consulta de la unidad de Columna del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología por lumbalgia mecánica o postraumática, y tras la radiografía inicial, no se evidencio FV, se le explica el estudio y aceptan completar el estudio, así mismo se les aplicó las variables estudiadas, a aquellos pacientes que sí tenían FV en las radiografías y es este nuestro grupo experimental.

Es una investigación observacional comparativa ya que se describe el fenómeno dentro de una población de estudio (grupo control) y se indaga su distribución en la misma. No existe ninguna intervención por parte del investigador, el cual se limita a medir el fenómeno y describirlo tal y como se encuentra presente en una muestra de estudio (106). Sin embargo, al describir los sujetos captados (145 pacientes) a través del servicio de urgencias del Hospital Clínico Universitario con ciertas condiciones y que aceptaron ser estudiados, realizarse estudios diagnósticos (TAC-GSI, RMN y Rx), acudir a las citas pautadas en 4 momentos (1er mes, tercer mes, sexto mes y 12 avo mes) y responder las encuestas y entrevistas (ANEXO B, 1, 2, 3) se enmarca en una investigación observacional descriptiva. Son pacientes que acudieron al servicio de urgencias del Hospital Clínico Universitario de Valladolid y que se les diagnóstico fractura vertebral en la radiografía realizada desde el servicio de urgencias, en el periodo comprendido entre Agosto de 2020 a Agosto 2021.

Se estudiaron 25 sujetos que llegaron la consulta de la unidad de columna del Hospital Clínico Universitario de Valladolid que acudían por dolor lumbar, pero que en la radiografía de entrada no se observaron fracturas vertebrales y cuyo principal diagnóstico era enfermedad discal lumbar, de allí que la investigación es observacional analítica. Se diseña un tipo de estudio que contempla la posibilidad de comparar los resultados de este grupo con otro que, a modo de control, incluya individuos que pudieran no presentar relación con alguno de los factores estudiados (índice de fragilidad

## Universidad de Valladolid

modificado, grado de colapso y de dolor entre otros), realizando un seguimiento individual de cada grupo para analizar conjuntamente los resultados en busca de posibles diferencias. (106).

Es un estudio epidemiológico de corte longitudinal pues se analiza la variable tratamiento antes, durante y al finalizarlo (1er mes, tercer mes, sexto mes y 12avo mes).

Seguidamente, al clasificar los pacientes de la muestra (N= 145) según la enfermedad (presencia de osteoporosis y FV) se selecciona un tipo de tratamiento (conservador y quirúrgico) en función de los hallazgos mostrados en el estudio preliminar A.2 al aplicar a cada paciente de la muestra en función del índice de fragilidad modificado para luego analizar el grado de satisfacción en función del tratamiento aplicado. La muestra (N=145) se divide en dos grupos (N=96 y N=49), los que reciben tratamiento conservador y los que reciben el quirúrgico. El resto de la muestra (N=25) se consideran sanos.

El protocolo llevado a cabo ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

A todos los pacientes se les suministra y explica los siguientes documentos:

Resultado diagnóstico de radiografía.

Autorización para realizar TAC con protocolo GSI.

Documento de Consentimiento informado para participar en el estudio (Anexo 2).

Autorización para realizar DMO (Anexo 2).

Autorización para realizar RMN (Anexo 2)

### 2.3 Variables a estudiar e indicadores

Edad: Variable continua discreta expresada en años. (VI)

Sexo: Variable categórica nominal dicotómica (Hombre-Mujer) (VI)

Vertebra Fracturada: nominal. (VI)

Mecanismo de lesión: Variable categórica nominal (Traumática, Degenerativa) (VI)

Vertebra medida: nominal (Variable dependiente)

Cuantificación de medición según región de interés: continua de intervalos (VI)

Resultados de DXA: nominal (VI)

Resultados de RMN: nominal. (VI)

IMC: continua de intervalo (VI)

## Universidad de Valladolid

Nivel medido: nominal (VD)

Densidad TAC global ( $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) wáter: continua de intervalos (VD y VI)

Densidad TAC global ( $\text{mg}/\text{cm}^3$ ) HPA: continua de intervalos (VD y VI)

TAC-GSI: nominal (VD y VI)

Índice de fragilidad modificado: discreta. (VI)

Tipo de Tratamiento: nominal (VI)

Mecanismo Lesional de fractura vertebral: nominal (VI)

EVA, nominal y discreta (VI)

A continuación se definen conceptual y operacionalmente las variables de estudio y se detallan los indicadores.

### **Variable 1: DMO**

Definición conceptual: La DMO es el principal indicador de riesgo de fracturas en mujeres sin fractura previa. El riesgo relativo (RR) de una nueva fractura vertebral se incrementa de 2,0 a 2,4 por cada desviación estándar (DE) de disminución en la DMO, con independencia del sitio de medición. DXA valora la salud ósea y definir el riesgo de fractura.

#### T-Score

Se define T-score a la diferencia entre el valor de la DMO del sujeto y la media del máximo pico de DMO de la población de la misma raza y sexo. Definiendo como Osteoporosis aquella puntuación con un valor menor o igual a -2,5 desviaciones estándar (DE) del T-score, siendo ésta la utilizada en el estudio de mujeres postmenopáusicas y varones mayores de 50 años.

Con este método se establece como normal valores de DMO superiores a -1 DE (T score mayores a -1); Osteopenia valores de DMO entre -1 y -2,5 DE ( T score entre -1 y -2,5); Osteoporosis valores de DMO inferiores a -2,5 DE (T score inferior a -2,5) y osteoporosis establecida cuando se suma a dichas condiciones una o más fracturas osteoporóticas.

#### Z.Score

El Z-score o puntaje Z se define como la diferencia entre el valor de la DMO del sujeto y la media de DMO para los sujetos de la misma edad y sexo. Es el utilizado para el estudio de mujeres premenopáusicas y varones menores de 50 años. Cuando se utiliza como referencia la Z-score el punto de corte está en -2 desviaciones estándar.(31)

Definición operacional:



## Universidad de Valladolid

1. Osteoporosis valores de DMO inferiores a -2,5 DE
2. Osteopenia: valores de DMO entre -1 y -2,5 DE
3. Normal: valores mayores a -1

### **Variable 2: RMN**

#### **Definición conceptual**

Es la técnica más sensible para diferenciar FV patológicas o por insuficiencia. La RMN, es adecuada para el seguimiento a largo plazo y para monitorizar la progresión de la enfermedad y la eficacia del tratamiento. Se valora la presencia o ausencia del edema en el CV fracturado.

#### **Operacional:**

Aguda (A): edema es evidente y está presente en el estudio, la FV ha ocurrido desde 0 a 15 días.

Subaguda (S/A): Ligero edema en CV fracturado. La FV ha ocurrido de entre 15 a 30 días.

Crónica (C): no se evidencia edema en el cuerpo vertebral fracturado. La FV tiene más de 30 días, con evidentes signos de esclerosis.

### **Variable 3: Escala de valoración del dolor EVA/Escala Numérica (Escala Analógica)**

#### **Definición conceptual**

Permite medir la intensidad del dolor, pudiendo reproducirse entre los observadores.

Consiste en dibujar una línea horizontal de 10 centímetros, donde en ambos extremos se coloca

la palabra “Dolor”, en el izquierdo se ubica la ausencia o menor intensidad y en el derecho la

mayor intensidad. Se pide al paciente que marque en la línea el punto donde el considera que

está presente la intensidad de su dolor para posteriormente medirlo con una regla milimetrada.

La intensidad se expresa en centímetros.

## Universidad de Valladolid

La escala numérica expresada del 0 a 10, siendo 0 la ausencia del dolor y 10 el dolor con mayor intensidad, el paciente selecciona el número con el cuál se identifica y expresa de una forma verás la intensidad del dolor que presenta en el momento.

### **Operacional:**

0-Escaso o nulo dolor e ira aumentando progresivamente según sea más intenso el dolor.

10- Dolor muy intenso, lo manifiesta como el peor dolor de su vida.

### **Variable 4: Tipo de tratamiento**

#### **Definición conceptual:**

Conservador: mediante el uso de ortesis lumbar o dorsolumbar según el nivel fracturado, analgésicos pautados según dolor, reposo relativo, disminución de actividad física y calor local.

Quirúrgico: Puede ser mínimamente invasivo: Cifoplastia/Vertebroplastia o más invasivos como la artrodesis, ya sea percutánea o abierta.

La Cifoplastia/Vertebroplastia se introduce cemento de PMMA en el cuerpo vertebral, a través de pequeños túneles realizados con instrumentos específico, así, recuperar el tamaño del cuerpo vertebral, evitar futuros colapsos y disminuir el riesgo del colapso vertebral.

La artrodesis consiste en la fusión vertebral mediante barras y tornillos, con los cuerpos vertebrales adyacentes, para darle estabilidad mecánica al segmento afectado.

#### **Operacional:**

Conservador

Quirúrgico:

Cifoplastia

Vertebroplastia

Artrodesis

### **Variable 5: Mecanismo lesional de fractura**

**Definir:** proceso o fuerza causante de la FV. Según la intensidad del impacto del trauma pueden ser de baja o de alta energía.

#### **Operacional:**

Sano



## Universidad de Valladolid

Traumático de baja energía (Caída desde sus pies)  
Traumático de alta energía: atropellos, caída de altura.  
Degenerativo

### **Variable 6: TAC-GSI**

#### **Definición conceptual:**

Esta prueba nos permite analizar la medular del cuerpo vertebral en busca de anomalías. Permite realizar análisis de imágenes a través un algoritmo de descomposición de tres materiales para el mineral óseo, la medular amarilla y la medular roja. Las anomalías de la medular del CV pueden ser causadas por variaciones en la composición de la grasa y líquido.

Es un protocolo estandarizado para el estudio de edema óseo, comparando densidades de materiales por pares hidroxapatita (HAP) versus agua (Water). Realizamos mediciones en cuerpos vertebrales diana obteniendo múltiples datos cuantitativos de densidad mineral ósea.

#### **Operacional:**

Presencia de agua: Fractura aguda hay edema.  
Ausencia de agua: Fractura Crónica no hay edema.

### **Variable 7: Índice de fragilidad modificado (IFm)**

#### **Definición conceptual:**

Nos permite cuantificar la edad fisiológica de los pacientes. Síndrome médico producto de múltiples causas y factores, caracterizado por la disminución progresiva de la fuerza, resistencia y las funciones fisiológicas, físicas y mentales, que aumentan el riesgo de desarrollar mayor dependencia o muerte (69). El IFm, ha sido validado y posee un valor predictivo similar al score original. Utilizamos la categoría de sumatoria por deficiencias, para cuantificar los déficits acumulativos en los dominios físicos, cognitivos, funcionales y sociales del paciente.(152,153)

#### **Operacional:**

1. Diabetes mellitus.
2. Estado funcional 2 (parcial o completamente dependiente).
3. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica o neumonía.
4. Insuficiencia cardiaca congestiva.

## Universidad de Valladolid

5. Infarto al miocardio.
6. Angina u otros procedimientos cardiacos previos.
7. HTA en tratamiento médico.
8. Enfermedad vascular periférica.
9. Demencia.
10. ACV o Isquemia transitoria.
11. Déficit neurológico posterior a ACV.

**Variable 8:** Tipo de fractura según Magerl (tabla 4)

### **Definición conceptual:**

La FV supone una deformación del cuerpo vertebral, que trae como consecuencia la pérdida de altura del CV. Cualquier pérdida de altura vertebral mayor al 20%, con presencia de deformidades en las plataformas vertebrales con alteración de la morfología vertebral

### **Operacional**

- A. Fractura por compresión. (Estable)
    - A0. Fractura menor.(Estable)
    - A1. Compresión por acñamiento.(Puede ser inestable)
    - A2: Fragmento coronal. (Puede ser inestable)
    - A3: Estallido. (Inestable)
  - B. Fractura por distracción. (Inestable)
    - B1: A través de tejidos blandos. (Inestable)
    - B2. Subtipo A + afectación de arcos posteriores. (Inestable)
    - B3. Hiperextensión a través del disco intervertebral. (Inestable)
- Utilizamos el CV de L2 en todos aquellos pacientes donde éste no era el CV afectado. En los pacientes con afectación de L2, se recurrió a medir L3, L4 o L5. Se utiliza dicho cuerpo vertebral, ya que a la hora de realizar los estudios comparativos con la DMO tratar de minimizar los errores, ya que en la DMO se utiliza como referencia los datos obtenidos por la medición del CV L4C: Multidireccional con traslación. (Inestable)
- C1: Traslación anteroposterior. (Inestable)
  - C2: Traslación lateral. (Inestable)
  - C3: Traslación rotacional. (Inestable)



## Universidad de Valladolid

Sano

**Variable 9:** nivel medido

**Definición conceptual:**

Cuerpo vertebral utilizado como referencia anatómica para realizar la medición de los ROI.

Operacionalmente:

L2

L3

L4

L5

**Variable 10:** TAC GSI Agua-HAP/ HAP-Agua

**Definición conceptual:**

Medición realizada en la región de interés en la medular del cuerpo vertebral y expresada en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ . Se realiza en 2 ventanas una ventana Water que permitirá identificar la presencia de edema o la ausencia del mismo y una ventana HAP que cuantifica la densidad mineral ósea del cuerpo vertebral.

**Operacional:**

Densidad TAC global  $\text{mg}/\text{cm}^3$  Water

Densidad TAC global  $\text{mg}/\text{cm}^3$  HAP

**Variable 11:** Regiones de Interés

**Definición conceptual:**

Subdivisión de la medular del cuerpo vertebral por segmentos expresados en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ .

**Operacional:**

TAC Water 1A

TAC Water 1B

TAC Water 2A

TAC Water 2B

TAC Water 3A

TAC Water 3B



---

## Universidad de Valladolid

TAC HAP 1A

TAC HAP 2A

TAC HAP 2B

TAC HAP 3A

TAC HAP 3B

**Variable 12:** grado del dolor (EVA)

**Definición conceptual:**

Se aplica la escala visual analógica (EVA), obteniendo resultados de 0 (ausencia de dolor) a 10 (peor dolor jamás vivido)

**Operacional:**

EVA del 0 al 10

**Variable 13:** Edad

**Definición conceptual:**

Tiempo que ha vivido el paciente hasta el momento de la primera valoración por el traumatólogo.

**Operacional:**

Medida en años.

**Variable 14:** Sexo

**Definición conceptual:**

Conjunto de individuos que comparten la misma condición orgánica.

Operacional

M Mujer

V Varón

**Variable 15:** Peso

**Definición conceptual:**

Masa del paciente al momento de la valoración.

**Operacional**

Medida en kilogramos



## Universidad de Valladolid

### **Variable 16: talla**

#### **Definición conceptual:**

Estatura del paciente en el momento de la valoración.

#### **Operacional**

Medida en metros

### **Variable 17: IMC (índice de masa corporal)**

#### **Definición conceptual:**

Razón matemática que asocia la masa y la talla del paciente al momento de la valoración, y se obtiene con el peso del paciente (expresados en kilogramos) dividido por el cuadrado de la estatura (expresado en metros).

#### **Operacional:**

Numérica

### **Variable 18: Conclusión CV**

#### **Definición conceptual:** Resultados obtenidos de DMO por DXA

1. Osteoporosis valores de DMO inferiores a -2,5 DE
2. Osteopenia: valores de DMO entre -1 y -2,5 DE
3. Normal: valores mayores a -1

### **Variable 19: Grado de satisfacción**

#### **Definición conceptual:**

Percepción individual del paciente del tratamiento ofrecido.

#### **Definición Operacional:**

Bueno.

Regular.

Malo.

### **Variable 20: Fracturas previas**

#### **Definición conceptual:**

Fracturas que ha sufrido el paciente hasta el momento de la valoración



## Universidad de Valladolid

### **Definición Operacional:**

Fracturas vertebrales.

Fracturas de cadera.

Fracturas de fémur.

Fracturas de radio distal.

Fracturas de tobillo.

### **Variable 21: Fármacos**

Tratamiento farmacológico que cumple el paciente hasta el momento de la valoración

### **Definición conceptual:**

Derivados de aluminio.

Litio.

Anticonvulsivantes (fenobarbital, fenitoína).

Citotóxicos.

Glucocorticoides.

Agonista de la hormona liberadora de gonadotropina.

Uso prolongado de Heparina.

Progesterona.

Tiroxina suprafisiológica.

Tamoxifeno (en premenopáusicas)

Nutrición parenteral (como alimentación única)

### **Variables 22, 23, 24, 25: Revisión por mes**

### **Definición conceptual:**

Datos obtenidos en las revisiones: Rx, Cuestionario EVA, Owestry, satisfacción, uso de medicamentos.

### **Variable 26: Vértebra fracturada**

### **Definición conceptual:**

CV diagnosticado por Rx Ap-Lateral como fracturado, según la clasificación AO-Margel.

### **Definición Operacional:**

D1.



---

## Universidad de Valladolid

D2.

D3.

D4.

D5.

D6.

D7.

D8.

D9.

D10.

D11.

D12.

L1.

L2.

L3.

L4.

L5.

### **2.4 Fases De La Investigación**

#### **A. Fase Preliminar**

Un estudio de caso y otro descriptivo que se detallan en el capítulo 3 y que se realizaron previamente antes de las fases I y II.

#### **2.4.1 Fase I Entrada al campo: procedimiento para seleccionar la muestra**

Previa aprobación por el comité de ética de la investigación con medicamentos área de salud Valladolid ESTE, y ser aprobado por la jefatura del servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, del Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario de Valladolid y del Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario de L Rio Hortega (HURH). (Anexo A 1, 2, 3), se inicia la captación de los pacientes.

## Universidad de Valladolid

Para detectar la presencia de fracturas vertebrales, se realizaron radiografía AP y lateral del segmento afectado centrado en L2. El estudio se realiza al ser valorado en su llegada por el servicio de urgencias ante la presencia de clínica sugerente de fractura vertebral. Se empleó la clasificación según Magerl (modificada por la AO Spine para la evaluación de la fractura. Se diagnosticó una fractura vertebral cuando hubo una reducción  $\geq 20\%$  en la altura anterior, media o posterior del cuerpo vertebral.

Tras realizar el diagnóstico con una radiografía se solicita inmediatamente un TAC protocolo GSI de la región afectada. Los estudios fueron realizados con un equipo GSI (Gemstone Spectral Imaging) TAC Revolution de General Electric, Healthcare.(Figura 17)



*Figura 17. Imagen del tomógrafo del HCUV.*

La adquisición se realizó con técnica GSI con el protocolo establecido en el equipo con los siguientes parámetros: Voltaje del tubo: entre 80 y 140 kvp, Miliamperaje: 195 mA, Tiempo de rotación: 0,6 seg, pitch: 0,992.

Posteriormente las imágenes se analizaron en estación de trabajo SERVER General Electric. Se realizaron reconstrucciones múltiples y volumétricas de los niveles lumbares en estudio. En la estación de trabajo se procesa mediante protocolo estandarizado de GSI para el estudio de edema óseo, comparando densidades de materiales por pares hidroxiapatita (HAP) versus agua (Water).

## Universidad de Valladolid

Se realizan mediciones en cuerpos vertebrales diana, mediante diferentes ROI (regiones de interés) obteniendo múltiples datos cuantitativos de densidad mineral ósea. (Figura 19). Se hacen mediciones exclusivamente en la medular del cuerpo vertebral, dividiéndola en una columna anterior y otra posterior y éstas a su vez en 3 distintas regiones, obteniendo de esta forma 3 mediciones en columna anterior (A) y sus mediciones equivalentes en la columna posterior.

Posteriormente, el paciente es valorado en la consulta de la Unidad de columna del HCUV a los 7 días del diagnóstico, y es en esta cuando se le solicita RMN y DXA.

El estudio mediante RMN se realiza dentro de la primera semana, para así minimizar el riesgo de cometer errores. Por la cronología del diagnóstico se realizó con una consola de aparato de RMN 1.5 Teslas (T) de GENERAL ELECTRIC SIGNA EXPLORER. Adquisición se realiza con protocolo de valoración de columna lumbar incluyendo cortes en plano coronal, axial y sagital en secuencias de pulsos T1, T2 y STIR.

La densidad mineral ósea se evaluó en el servicio de radiología del HURH. Todas las densitometrías fueron realizadas por diferentes técnicos, mediante el mismo densitómetro, e informadas por diferentes médicos especialistas. La técnica empleada para la medición de la masa ósea fue la absorciometría dual de rayos X (DXA). Para ello se utilizó un densitómetro dual de rayos X (QDR-4500, INC Waltheim, MA, EEUU).

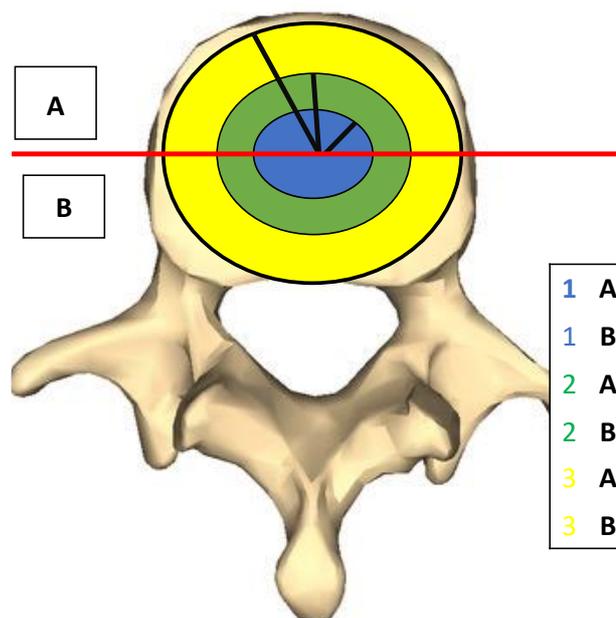


Figura 18. Dibujo esquemático de las mediciones de regiones de interés (ROI).

## Universidad de Valladolid

En el estudio se analizaron las siguientes regiones de diferentes composiciones histológicas:

Columna lumbar: en concreto las vértebras L2-L4 en proyección anteroposterior. En esta región predomina el componente trabecular o esponjoso.

Región proximal del fémur: constituido predominantemente por componente cortical o compacto.

Cuello femoral (CF).

### b.2 Fémur total (FT).

De cada una de esas localizaciones, el densitómetro determina el contenido mineral óseo en gramos (BMC) y el área ( $\text{cm}^3$ ). A partir de ambos valores, se calcula automáticamente la densidad mineral ósea en  $\text{gramos}/\text{cm}^2$  (DMO).

La recogida inicial de datos se basó en el siguiente algoritmo:

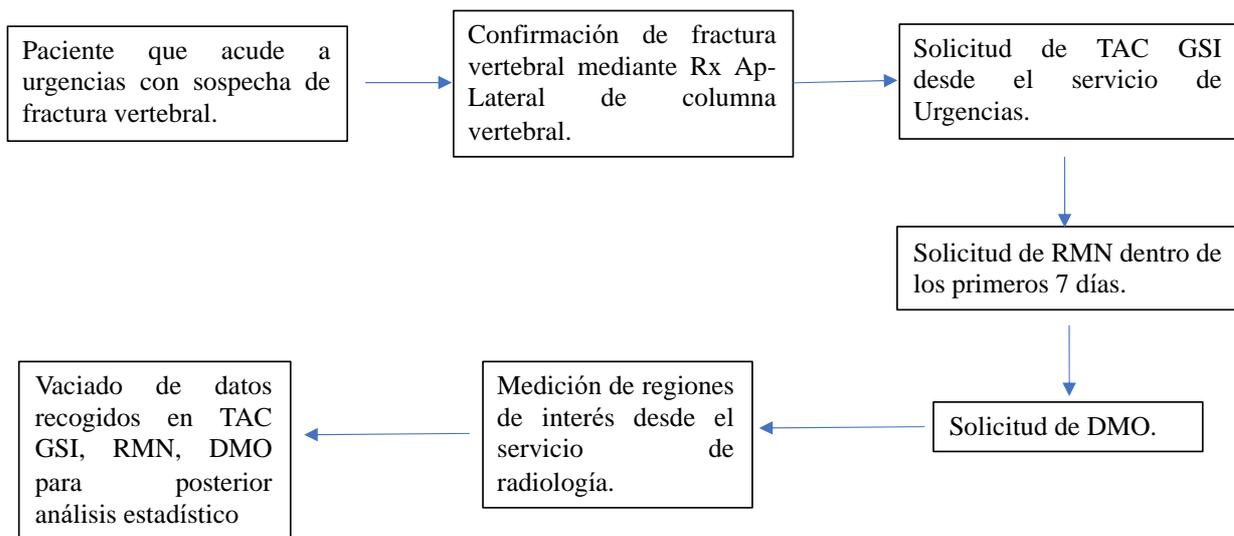


Figura 19. Algoritmo seguido en la recogida de los datos.

Se incluyeron a todos los pacientes que acudieron a urgencias del Hospital Clínico Universitario de Valladolid y que se le diagnostica fractura vertebral con una radiografía de entrada y que es confirmado el diagnóstico mediante TAC GSI, que posteriormente completan estudio con RMN y DXA. Se excluyeron del estudio a los pacientes que por cualquier circunstancia no completaron el esquema de estudio planteado. Posteriormente todos los datos son vaciados a una tabla EXCEL para ser vaciados al programa SPSS

## Universidad de Valladolid

versión 23 IBM. Finalmente se incluyen como muestra, 170 pacientes, de los cuales 145 (85,29%) presentaban fracturas vertebrales, y el restante 25 (14,70%) no tenían fracturas vertebrales. Los pacientes fueron etiquetados con un número seleccionado al azar.

### 2.4.2 Fase II. Diseño de la Investigación

#### Diseño I

Para el estudio observacional descriptivo: Grupo Experimental y Control. Se utiliza un diseño descriptivo evolutivo mixto ya que se describe el fenómeno a lo largo del tiempo (4 momentos en un año) a partir de información obtenida tanto de los pacientes (estudios DMO, RMN, Rx, entrevistas, TAC GSI) como de documentos (historia, cuestionarios). (107).

Para el estudio observacional analítico Grupo Experimental y Control se utiliza un diseño descriptivo analítico funcional ya que no hay selección al azar de la muestra (106). Se utiliza un diseño de dos grupos independientes para estudiar y analizar la relación o asociación entre las variables.

Para el estudio analítico longitudinal, se divide intencionalmente la muestra  $N=145$  (pacientes que presentaban fracturas vertebrales) en dos grupos  $N=96$  y  $N=49$ . Uno que recibe tratamiento conservador y otro quirúrgico para estudiar su relación entre esa variable y grado de satisfacción durante un año.

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un intervalo de confianza (IC) del 95%. Se utilizó para todos los análisis, el paquete estadístico SPSS versión 23.0 IBM. Se utilizó el software Weka para ilustrar los resultados de ciertas pruebas estadísticas. Se realizó una validación de la base de datos para asegurar la calidad y detectar la presencia de valores atípicos, estos últimos se corrigieron o excluyeron cuando fue necesario: un solo caso fue atípico en la data, el paciente 158. Este se corrigió. Además de los datos pasados manualmente al sistema, existen como datos, imágenes obtenidas de los diferentes equipos de medición (TAC-GSI y DXA).

Para analizar los datos, se hicieron previamente los estudios de normalidad para datos cuantitativos. Para las correlaciones simples bivariadas se empleó el coeficiente de correlación de Pearson y Spearman, Chi-cuadrado y prueba t para grupos independientes.



## Universidad de Valladolid

Se optó por la significación unilateral en esas pruebas, con nivel de confianza de 0.05. Se crearon modelos estadísticos para el estudio de las mediciones del cuerpo vertebral medido evaluadas (L2, L3, L4 y L5) con objeto de determinar el grado de validez de una o de las diferentes combinaciones de las variables independientes (densidad total HAP, densidad total wáter tanto el cuerpo vertebral como en las regiones de interés (TAC 1A HPA, TAC 1B HAP, TAC 2A HAP, TAC 2B HAP, TAC 3A HAP, TAC 3B HAP, TAC 1A Water, TAC 1B Water, TAC 2A Water, TAC 2B Water, TAC 3A Water, TAC 3B Water, RMN, DXA) como predictores significativos de la ausencia o presencia de osteoporosis y presencia o ausencia de edema. Para el análisis de la bondad del ajuste a modelos estadísticos, se empleó el Análisis de la varianza (ANOVA) como test y se optó por el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) como estadístico, y el mismo nivel de significación que en todo el estudio (0.05).

Los modelos de Regresión Logística se calcularon siguiendo el método de construcción de pasos sucesivos de Wald. Para comparar las tablas de contingencia resultantes de la aplicación de los índices de predicción de presencia o ausencia de osteoporosis se empleó Regresión Logística a fin de seleccionar el mejor modelo predictor así como de presencia de edema o no en el cuerpo vertebral medido, según procediese, dada la no dicotomía de las variables continuas para ese análisis. Se construyeron Curvas Roc (estadístico C) para la elección de distintos niveles de decisión o valores de corte que permitieran una clasificación dicotómica de los valores de las variables dependientes según sean superiores o inferiores al valor elegido, para así establecer un sistema clasificador binario según se varía el umbral de discriminación, se optó por construir las curvas COR (ROC) correspondientes. Estas fueron analizadas estadísticamente según su área bajo la curva (AUC), puntos de corte, valores positivos (VP), valores negativos (VN), falsos positivos (FP), falsos negativos (FN), especificidad, sensibilidad y razones de verosimilitud y el monograma de Fagan (con el calculator ARAW). A continuación una muestra de la Data en SPSS con las 41 variables de los primeros 16 pacientes (ver Anexo D del 1 al 12, para la data de los pacientes 17 a 170).

### Diseño II

Descripción de cada variable (tabla 8) según base de datos que se muestra en figuras 20, 21, 22 y en Anexo D (1-12). Se detallan las pruebas estadísticas a realizar en función de los objetivos de la investigación (Tabla 9).

Tabla 8. Estadísticos Descriptivos.

Objetivo	VARIABLES	Estadístico
	Sexo	Frecuencia y porcentaje
Estudiar normalidad	Edad	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	Peso	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	Talla	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	IMC	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
	Vértebra fracturada	Frecuencia y porcentaje
	VARIABLES DEL IFM	Frecuencia y porcentaje
	Fracturas previas	Frecuencia y porcentaje
	Fármacos	Frecuencia y porcentaje
	Escala analógica	Frecuencia y porcentaje
	Tipo de fractura (AO)	Frecuencia y porcentaje
	Medición	Frecuencia y porcentaje
	Mecanismo lesional	Frecuencia y porcentaje
	Nivel medido	Frecuencia y porcentaje
Estudiar normalidad	Densidad TAC Global HPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 1A HPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 2A HPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 1B HPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 2B HPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC3AHPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 3B HPA	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	Densidad TAC Global Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 1A Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 2A Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 1B Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 2B Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación

**Universidad de Valladolid**

Estudiar normalidad	TAC 3A Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	TAC 3B Water	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	DXA CV	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	T-Score	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
Estudiar normalidad	Z-Score	Frecuencia, media, mínimo, máximo, desviación
	Conclusión CV	Frecuencia y porcentaje
	TAC GSI	Frecuencia y porcentaje
	RMN	Frecuencia y porcentaje
	Tratamiento	Frecuencia y porcentaje
	Revisión 1er mes	Frecuencia y porcentaje
	Revisión 3er mes	Frecuencia y porcentaje
	Revisión 6º mes	Frecuencia y porcentaje
	Revisión 12º mes	Frecuencia y porcentaje
	Grado de Satisfacción	Frecuencia y porcentaje

A continuación los datos, variables de estudio e indicadores

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	EscalaA nalógica	TipodeFr acturase gúnAO	Medición	MecanismoLesi onal	Nivelmedido
1	11	1	87	89,0	1,68	31,533	1	1	1	5	5	2	2	1	2
2	74	1	85	80,0	1,68	28,345	2	1	0	2	2	2	2	1	2
3	224	2	70	62,0	1,67	22,231	1	0	1	0	2	2	4	2	4
4	117	1	82	67,0	1,62	25,570	7	1	0	2	1	1	2	3	2
5	117	1	80	80,0	1,55	33,330	2	0	0	3	3	2	2	3	2
6	226	2	75	68,0	1,69	23,809	0	0	2	0	0	0	5	0	2
7	2	2	83	85,0	1,68	30,116	1	5	1	1	6	3	2	1	2
8	13	1	82	88,0	1,60	34,375	2	4	1	3	8	3	2	1	2
9	172	1	73	65,0	1,50	28,889	4	2	3	1	9	3	4	4	4
10	82	1	68	90,0	1,66	32,661	2	1	0	4	6	1	5	1	2
11	229	2	62	77,0	1,67	27,609	0	3	2	4	0	0	2	0	2
12	90	2	60	84,0	1,80	25,926	1	1	0	1	7	2	5	3	2
13	209	1	68	75,0	1,66	27,217	0	1	2	2	0	0	4	0	4
14	156	1	64	78,0	1,62	29,721	1	0	3	2	3	1	5	2	2
15	121	1	86	89,0	1,62	33,913	1	2	0	2	3	2	2	1	2
16	225	2	75	98,0	1,66	35,564	1	1	0	4	6	2	2	2	2

Figura 20. Datos de las variables HAP - WATER total y regiones de interés de los pacientes 1 a 17.

## Universidad de Valladolid

	DENSIDADTACGL OBAL.mgcm <sup>3</sup> HAP	TAC1AHAP	TAC1BHAP	TAC2AHAP	TAC2BHAP	TAC3AHAP	TAC3BHAP	DENSIDADTACGL OBAL.mgcm <sup>3</sup> Water	TAC1AWater	TAC1BWater	TAC2AWater	TAC2BWater	TAC3AWater	TAC3BWater
1	840,50	938,7	919,0	935,9	936,3	941,3	951,6	49,370	28,28	28,90	20,17	29,68	46,87	53,05
2	840,50	938,7	919,0	935,9	936,3	941,3	951,6	75,920	42,62	92,95	57,40	62,57	67,65	108,20
3	937,80	943,0	943,4	945,5	928,4	945,2	931,5	102,300	101,20	90,42	90,43	110,90	95,92	105,10
4	943,80	928,4	928,5	935,8	934,6	947,1	950,1	95,850	108,80	86,92	94,64	85,33	101,50	93,38
5	942,10	929,2	929,1	934,9	933,8	948,8	951,9	94,980	109,40	89,40	95,10	87,10	100,00	94,30
6	946,60	949,5	945,3	952,9	947,8	943,6	943,3	138,800	121,60	142,10	125,10	139,90	145,80	143,10
7	947,70	943,7	944,9	955,5	947,0	962,5	940,5	53,760	64,79	60,75	56,14	55,70	69,33	56,23
8	947,70	943,7	944,9	955,5	947,0	962,5	940,5	53,760	63,00	75,47	41,54	44,82	62,22	48,78
9	947,70	943,7	944,9	955,5	947,0	962,5	940,5	55,000	59,25	38,35	56,80	60,20	45,70	56,00
10	948,60	949,6	948,3	949,8	947,9	948,5	948,0	101,600	76,64	77,56	93,93	91,35	107,30	116,70
11	948,70	949,8	953,1	952,7	947,5	954,3	941,5	113,500	112,20	99,52	96,29	114,60	99,77	137,10
12	951,00	941,7	947,1	943,5	948,0	958,3	946,6	105,400	138,00	115,00	119,80	90,96	106,70	125,50
13	952,80	960,1	947,8	958,7	940,0	960,3	947,8	97,390	68,28	100,20	74,56	116,60	83,35	124,20
14	952,90	944,5	945,0	951,2	948,6	947,6	958,5	127,200	151,00	149,40	128,60	142,40	139,10	117,40
15	953,20	931,1	928,7	939,2	946,6	958,2	960,2	73,120	118,40	141,60	87,94	69,17	53,16	80,48
16	953,30	949,5	935,7	950,9	951,8	959,6	949,4	81,090	87,56	113,90	90,09	77,42	75,75	85,22
17	954,20	963,2	956,4	970,5	946,8	970,1	939,5	66,400	65,71	64,34	49,96	63,19	59,28	81,12

Figura 21. Datos de 14 variables en 16 pacientes.

	DMOCV	TScoreCV	ConclusiónCV	ZScoreCV	TacGSI	RMN	Tratami ento	Revisión 1ermes	Revisión3e rmes	Revisión6e rmes	Revisión12 vomes	TRATAMIENTOOR ALPOSTTTODEF	Gradodesatisfacc...
1	,7510	-3,60	2	-,9	1	3	1	3	3	1	1	0	1
2	,8960	-2,40	1	,0	2	4	1	2	2	1	1	8	2
3	1,2090	-,10	0	,8	1	1	1	1	0	0	0	0	1
4	,8910	-2,40	1	,0	2	3	1	1	0	0	0	5	1
5	,9000	-2,40	1	,0	2	3	1	2	2	2	2	5	2
6	1,6450	3,50	0	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1,1390	-,70	0	-,1	1	1	2	3	1	1	1	0	1
8	1,0860	-,80	0	1,8	1	1	6	2	1	0	0	1	1
9	1,0880	-,80	0	1,7	1	1	6	3	3	3	2	9	1
10	1,3090	1,10	0	2,8	1	1	1	0	0	0	0	0	1
11	1,0070	-1,80	1	-2,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1,1220	-,80	0	-,9	1	1	2	1	0	0	0	0	1
13	1,1600	-,20	0	1,7	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	1,1400	-,30	0	,9	1	1	1	0	0	0	0	0	1
15	1,0610	-1,00	0	1,5	1	1	1	1	0	0	0	0	1
16	1,1410	-,70	0	-,2	1	2	1	1	0	1	0	0	2
17	,7970	-3,20	2	-1,4	1	2	1	2	1	1	1	5	3

Figura 22. Datos de las 13 últimas variables (de las 41 en total) de los pacientes 1 a 17.

Tabla 9. Pruebas estadísticas para analizar la relación entre variables según los objetivos de la investigación.

Objetivo	Variables	Estadístico	Tabla No.
Establecer la correlación entre la variable conclusióncv e índice de fragilidad	Índice de fragilidad modificada, sexo, DXA CV, RMN, TAC GSI, conclusión CV	Pearson, Spearman, Chi-cuadrado, Tabla de contingencia	8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 53, 54,

**Universidad de Valladolid**

<p>modificada, fármacos, sexo, DXA CV, RMN, TAC GSI, vértebra fracturada, fracturas previas, edad e IMC en la muestra de estudio.</p>			
<p>Establecer la correlación entre la variable conclusión CV, edad, sexo, IMC y regiones de interés en la muestra de estudio.</p>	<p>Edad, regiones de interés y conclusión CV, sexo</p>	<p>Pearson, Spearman, Tabla de contingencia, prueba t</p>	<p>20,22,26,27,28, 29,31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39</p>
<p>Estimar mediante regresión logística, la probabilidad de que cada individuo de la muestra pertenezca a cada uno de los grupos establecidos, con presencia o ausencia de osteoporosis medidos por la prueba Gold standar (DXA) y por TAC GSI</p>	<p>Conclusión CV y DXA CV</p>	<p>Regresión logística binaria y curva ROC (estadístico C)</p>	<p>43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72,73, 74, 75,76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83,</p>
<p>Estimar mediante regresión logística, la probabilidad de</p>	<p>Conclusión CV y TAC GSI HAP</p>	<p>Regresión Logística binaria y Curva Cor</p>	<p>84, 85, 86, 87</p>



**Universidad de Valladolid**

que cada individuo de la muestra pertenezca a cada uno de los grupos establecidos, con presencia o ausencia de osteoporosis medidos por la nueva prueba TAC GSI y sus regiones de interés.	Conclusión CV y TAC GSI Water Conclusión CV y regiones de interés.		
Estimar presencia o ausencia de osteoporosis con método Receiver Operator Characteristics (ROC) buscando el área bajo la curva y el punto de corte teórico con mejor sensibilidad y especificidad y los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN), falsos positivos, falsos negativos, valores positivos, valores negativos y razones de verosimilitud en las	Conclusión CV y regiones de interés	Curva Cor	75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87



**Universidad de Valladolid**

mediciones obtenidas de las regiones de interés del cuerpo vertebral medido con TAC GSI.			
Comparar la cantidad de agua del cuerpo vertebral medido obtenidos por RMN (prueba estándar de oro) y por TAC GSI (nueva prueba) utilizando curva ROC.	RMN y TAC GSI	Chi cuadrado Curva Roc	Sólo gráficos de curvas con software Weka y SPSS.
Comparar los resultados obtenidos por DXA (prueba de oro) con los obtenidos por TAC 2B water (nueva prueba) con presencia o no de osteoporosis.	DXA y TAC2Bwater	Curva Roc	80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87
Estimar la probabilidad de que cada individuo de la muestra pertenezca a cada uno de los grupos establecidos, con presencia o ausencia de edema medidos por la nueva prueba TAC GSI y sus	RMN y TACGSI	Chi cuadrado Pearson y Spearman. Tablas de contingencia.	Sólo gráficos con software Weka y Spss



**Universidad de Valladolid**

regiones de interés			
Estimar presencia o ausencia de edema con método Receiver Operator Characteristics (ROC) buscando el área bajo la curva y el punto de corte teórico con mejor sensibilidad y especificidad y los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) en las mediciones obtenidas de las regiones de interés del cuerpo vertebral medido con TAC GSI 2B water y RMN.	TAC GSI 2B Water y RMN	Curva Roc	84, 85, 86, 87
Estudiar la evolución y el grado de satisfacción de los pacientes sometidos a los dos tipos de tratamientos (conservador y quirúrgico) con presencia de osteoporosis y osteopenia.	Tratamiento, Revisión 1er mes, Revisión 3er mes, Revisión 6to mes Revisión 12avo mes, grado de satisfacción y conclusión CV	Tabla Cruzada, Spearman, Pearson.	50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60



### **3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 General**

Estimar la densidad mineral ósea mediante estudio de TAC con protocolo GSI.

#### **3.2 Específicos**

Estudiar el comportamiento del CV en distintas posiciones aplicando TAC con cortes 3D en tres pacientes con FVC.

Describir las diferentes pruebas y tratamientos que existen en la literatura que permitan diagnosticar y estudiar algunas de las patologías de la columna vertebral cervical.

Comparar los resultados obtenidos en el TAC GSI con los obtenidos en la DXA.

Demostrar la capacidad que tiene el TAC GSI de cuantificar la densidad mineral ósea.

Comparar los resultados obtenidos en el TAC GSI con los obtenidos en la RMN.

Demostrar la capacidad que tiene el TAC GSI como herramienta diagnóstica de fracturas vertebrales agudas

Encontrar una correlación estadísticamente significativa entre las mediciones obtenidas en la RMN (Agua) y TAC GSI demostrando la utilidad y beneficios del TAC GSI para medir cronología de la fractura respecto al patrón oro actual (RMN).

Estudiar el grado de satisfacción de los pacientes con FV según el tipo de tratamiento aplicado una vez diagnosticados.

#### **3.3 Secundarios**

Estimar mediante regresión logística, la probabilidad de que cada individuo de la muestra pertenezca a cada uno de los grupos establecidos, con presencia o ausencia de osteoporosis medidos por la prueba Gold standar (DXA).

Estimar mediante regresión logística, la probabilidad de que cada individuo de la muestra pertenezca a cada uno de los grupos establecidos, con presencia o ausencia de osteoporosis medidos por la nueva prueba TAC GSI y sus regiones de interés.

Estimar presencia o ausencia de osteoporosis con método Receiver Operator Characteristics (ROC) buscando el área bajo la curva y el punto de corte teórico con mejor sensibilidad y especificidad y los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN), falsos positivos, falsos negativos, valores positivos, valores negativos y razones de



## Universidad de Valladolid

verosimilitud en las mediciones obtenidas de las regiones de interés del cuerpo vertebral medido con TAC GSI.

Comparar los valores de la densidad mineral ósea del cuerpo vertebral medido obtenidos por DXA (prueba Gold standar) y por TAC GSI (nueva prueba) utilizando curva ROC.

Estimar presencia o ausencia de edema en el cuerpo vertebral medido obtenido por RMN (prueba Gold standar).

Estimar la probabilidad de que cada individuo de la muestra pertenezca a cada uno de los grupos establecidos, con presencia o ausencia de edema medidos por la nueva prueba TAC GSI y sus regiones de interés.

Comparar la cantidad de agua del cuerpo vertebral medido obtenidos por RMN (prueba estándar de oro) y por TAC GSI (nueva prueba) utilizando curva ROC y Weka.

Estimar presencia o ausencia de edema con método Receiver Operator Characteristics (ROC) buscando el área bajo la curva y el punto de corte teórico con mejor sensibilidad y especificidad y los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) en las mediciones obtenidas de las regiones de interés del cuerpo vertebral medido con TAC GSI 2B water y RMN.

Establecer las correlaciones entre las variables densidad ósea mineral medida por absorciometría radiológica de doble energía (DXA) en la muestra del estudio, obtenida por TAC GSI y las diferentes regiones de interés por edad y sexo.

Establecer las correlaciones entre las variables conclusióncv e índice de fragilidad modificada, IMC, fármacos, edad, sexo, RMN, DXA CV, TAC GSI, regiones de interés en la muestra de estudio.

Estudiar el comportamiento del CV en distintas posiciones aplicando TAC con cortes 3D en tres pacientes con FVC.

Describir las diferentes pruebas y tratamientos que existen en la literatura que permitan diagnosticar y estudiar algunas de las patologías de la columna vertebral cervical.

Estimar el grado de satisfacción de los pacientes con FV según el tipo de tratamiento aplicado.



#### **4 Hipótesis de investigación**

Para lo observacional funcional analítico se han planteado siete hipótesis conceptuales:

1. No existe correlación significativa entre las variables cuantitativas edad, peso, índice de masa corporal (IMC), índice de fragilidad modificado (IFm), fármacos, densidad global HAP, Densidad Global Water y regiones de interés y la variable Conclusión CV en la muestra de estudio.
2. No existe correlación significativa entre las variables cuantitativas edad, peso, de índice de masa corporal (IMC), índice de fragilidad modificado (IFm), fármacos, Densidad global HAP, Densidad Global Water y regiones de interés y la variable fracturas previas en la muestra de estudio.
3. No existe asociación entre las variables cualitativas RMN, sexo, TAC GSI, vértebra fracturada y la variable Conclusión CV en la muestra de estudio.
4. No existe asociación entre las variables cualitativas RMN, sexo, TAC GSI, tratamiento y fracturas previas en la muestra de estudio.
5. No existen correlación significativa entre las mediciones obtenidas por TAC GSI y las de DXA en la muestra de estudio.
6. No existe asociación entre las variables TAC GSI y RMN en la muestra de estudio
7. No existe asociación entre las variables tratamiento y grado de satisfacción en la muestra de estudio.

#### **4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES**

#### **4.1.1 A.1 Fracturas Vertebrales por Compresión (FVC) y la Evaluación de Efectividad Basada en Tecnología 3D<sup>1</sup>: Estudio de caso**

##### **Presentación**

Como se viene explicando en el marco teórico, las fracturas vertebrales en pacientes osteoporóticos deben ser diagnosticadas a tiempo pues alteran la calidad de vida del paciente, causan dolor, incapacidad para realizar actividades cotidianas y laborales. Esto permitió preguntar lo siguiente ¿pueden las FV en general y las ocasionadas por compresión en particular ser diagnosticadas aplicando tecnología 3D?, ¿cómo lograr, una vez diagnosticadas las FVC una resolución quirúrgica óptima?, ¿se puede encontrar un tratamiento no invasivo que permita lograrlo?.

Las interrogantes anteriores dan razón para aplicar un estudio de caso, definido como una forma particular de recoger, organizar y analizar datos. Implica un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprensivo, sistemático y en profundidad del objeto de interés: las FV en pacientes osteoporóticos y su diagnóstico a través de una prueba no invasiva así como la búsqueda de un tratamiento que permita resolver esa FV.

Con los resultados encontrados se intentará revelar las diferentes visiones de un CV, sus mediciones y poder centrar la atención en la aplicación de los cortes 3D, explorar en forma más profunda y obtener un conocimiento descriptivo acerca de su uso para diagnosticar osteoporosis u osteopenia a partir de la medición volumétrica de este CV, si estas dificultan o ayudan a detectar estas patologías. Esto permite la aparición de nuevas descripciones sobre el uso de cortes 3D a la hora de realizar un procedimiento, su seguimiento, evaluación y para realizar el diagnóstico.

Para acercarse al objeto de estudio, se utiliza, como se dijo en la sección anterior, el procedimiento: TAC con cortes 3D antes y después de la cirugía. Se evaluó la estabilidad del CV para definir el tratamiento quirúrgico apropiado (vertebroplastia, cifoplastia, artrodesis) y que se detallan en el estudio A.2. Para el análisis de los datos se utilizó comparaciones constantes de las dos reconstrucciones 3D (antes y después de la cirugía) mediante el cálculo de la distancia milimétrica entre un mismo punto perteneciente a la superficie del cuerpo vertebral superponiendo ambos cortes.

---

<sup>1</sup> Estudio publicado en *J. Funct. Biomater.* **2022**, *13*(2), 60; <https://doi.org/10.3390/jfb13020060>.

#### 4.1.1.1 Tipo de investigación.

Es una investigación exploratoria de corte estudio de caso, como se viene explicando. Se indagaron tres pacientes, dos varones de 36 y 71 años y una mujer de 57. El objetivo fundamental fue explorar el comportamiento del CV en distintas posiciones aplicando TAC con cortes 3D en tres pacientes con FVC, específicamente en la primera y segunda vértebra lumbar.

Se evaluó la estabilidad del cuerpo vertebral involucrado, y seguidamente se definió la estrategia quirúrgica que se utilizó para reducir la fractura vertebral, con respecto a los defectos de los platillos vertebrales. Este estudio permitió inferir que la técnica TAC GSI y las regiones de interés es útil al momento de cuantificar el volumen del CV (objetivos centrales de la investigación).

##### *Introducción. Un breve recorrido teórico*

En la población que envejece, las FVC son una preocupación real. En los Estados Unidos se informan alrededor de 70.000 FVC osteoporóticas al año. El coste de las fracturas osteoporóticas en 2005 fue de \$ 17 mil millones, pero lo peor es que para 2025 se espera que aumente al 50%. (154)

Habitualmente, las FVC se presentan con lumbalgia aguda, aunque en ocasiones puede ser crónica por fracturas que existían previamente. En este sentido, Kim y Vaccaro (124) han observado en pacientes con osteoporosis severa que estas fracturas se producen durante el periodo de reposo en cama.

Los síntomas que experimentan los pacientes que padecen FVC alteran su calidad de vida. Esto se debe a las discapacidades funcionales que presentan. En general, estos pacientes presentan déficits neurológicos, dolor crónico y deformidad espinal que puede ser progresiva, y que conducen a cambios de humor (155).

Se ha demostrado una estrecha correlación entre los problemas clínicos y la deformidad de la columna. La cifosis postraumática es una de las deformidades potencialmente más graves (156). Además, como Musbahi et al. describieron que podrían aparecer problemas neurológicos y, por lo tanto, la cuestión clave es cómo se ve afectado el estado neurológico, si la estabilidad de la columna está comprometida y si la fractura es nueva o antigua (157).

## Universidad de Valladolid

Actualmente en la fase de dolor, los tratamientos pueden ayudar. Sin embargo, lo más importante es que una técnica completa puede proporcionar la restauración anatómica de todo el cuerpo vertebral, el anillo cortical y los platillos vertebrales (158).

### 4.1.1.2 Materiales y métodos

#### 4.1.1.2.1 El procedimiento

Para llevar a cabo este estudio, se desarrolló un procedimiento mínimamente invasivo para lograr la reducción anatómica de las fracturas vertebrales por compresión (FVC). Se han utilizado innovadores implantes de titanio expandibles craneocaudales, intravertebrales y permanentes. Previo a la estabilización vertebral, se ha utilizado cemento acrílico (PMMA) para tener una estabilización más efectiva.

El procedimiento se desarrolla en dos etapas: una de reducción y otra de estabilización. Durante la intervención quirúrgica se utilizó guía fluoroscópica para tener un control óptimo de todo el proceso. El estudio fue aprobado por el Comité Ético CEIm Área de Salud Valladolid Este (España) (Ref. EPA-10-33).

#### 4.1.1.2.2 Etapa 1

**Reducción:** En esta fase se colocaron dos implantes intravertebrales de titanio, mediante abordaje transpedicular al cuerpo vertebral, en posición cerrada, expansibles, permanentes y craneocaudales (5 mm de diámetro y 25 mm de longitud). Con la reducción, es posible tener una colocación óptima del implante. Los implantes se expanden en una sola dirección. Con base en las evaluaciones preoperatorias y al controlar la colocación de los implantes, el cirujano puede reducir la fractura con éxito. Posteriormente y mediante la instrumentación puede llevar a cabo la colocación del implante para reducir el cuerpo vertebral fracturado (colocación anteroposterior, altura en el cuerpo vertebral y angulación respecto al platillo roto). Después de la reducción de la fractura, por las expansiones de los dos implantes,

#### 4.1.1.2.3 Etapa 2

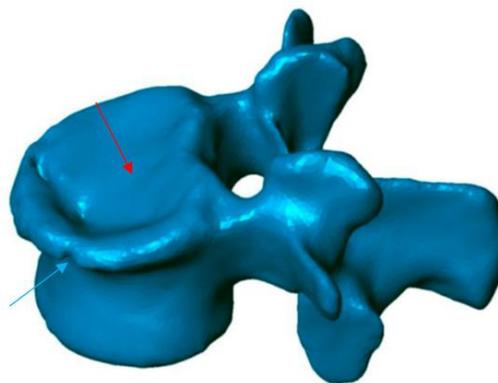
**Estabilización.** Con el cemento inyectado en los dos implantes se obtiene la estabilización. Durante el proceso de expansión del implante, se forman ventanas de hueso trabecular debido al despliegue del implante. Esto permitirá una interdigitación ideal del cemento, obteniendo una estabilización mecánica óptima de la reducción de la fractura.

## Universidad de Valladolid

### 4.1.1.2.4 Evaluación de la restauración anatómica

Para conocer la restauración de la altura vertebral en fracturas tras vertebroplastia, no existe una metodología unánime. Además, los métodos existentes son imprecisos y pueden dar lugar a una gran variabilidad. Por lo tanto, es necesario definir un método que se pueda utilizar para evaluar la restauración anatómica. En este estudio de caso se ha utilizado el TAC con tecnología 3D, que es definitiva en esta nueva propuesta de tratamiento (118,158). El método ha sido desarrollado por el laboratorio de biomecánica en Instituto de Biomecánica Humana Georges Charpak (París, Francia) para cuantificar la restauración anatómica. La exploración e intervenciones se realizaron en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

Se utilizó un sistema: Revolution General Electric TAC espectral, Healthcare. El protocolo a seguir se basó en los siguientes parámetros: voltaje del tubo: entre 80 y 140 kVp, miliamperaje: 190 mA, tiempo de rotación: 0,8 s, paso: 0,516, espesor de corte: 0,625 mm, ASIR-V-40%, ASIR -V-40% y ASIR-V-40%. A partir de cortes axiales milimétricos de tomografías computarizadas, se obtuvieron reconstrucciones 3D utilizando una técnica de segmentación ( [Figura 23](#) y [Figura 24](#) ).



*Figura 23. Reconstrucción 3D preoperatoria. Se evidencia el hundimiento de todo el platillo vertebral superior (flecha roja), con afectación del anillo cortical (flecha azul).*

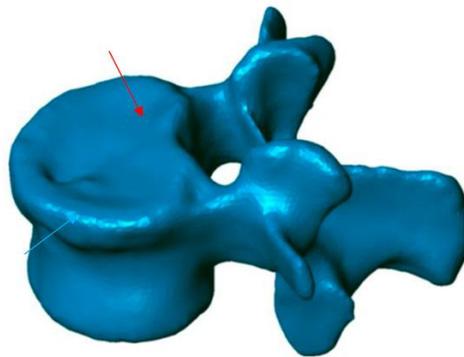


Figura 24. Reconstrucción 3D postoperatoria. Reducción de la mayor parte del área superficial de la placa terminal superior (flecha roja) así como del anillo cortical (flecha azul).

### Comparación de los cortes

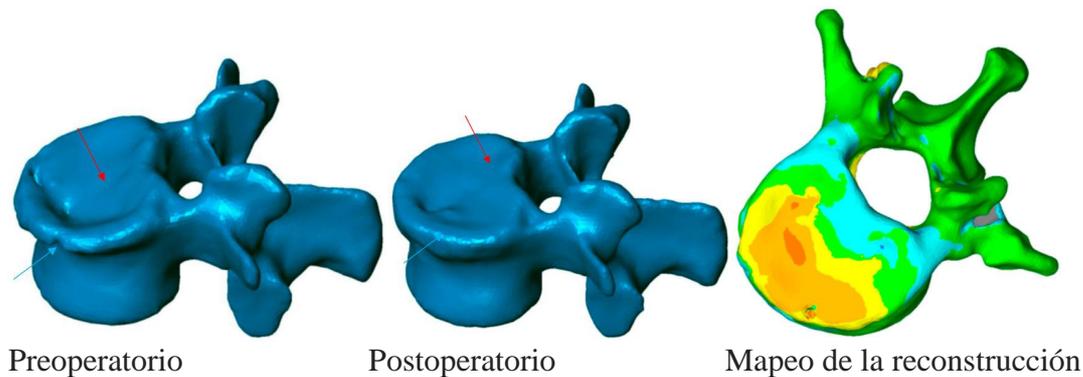


Figura 25. Reconstrucciones del CV L1 del paciente: hundimiento y reducción (flecha roja) y la afectación del platillo y reducción (flecha azul) y Mapeo.

Este método ha sido validado previamente (159). Permite comparar, en 3D, dos reconstrucciones vertebrales. Una vez obtenidas las dos reconstrucciones 3D de una misma vértebra, antes y después de la intervención, se superpusieron ( [Figura 26](#) ). El arco posterior no se vio afectado ni por la FVC ni por el procedimiento quirúrgico. Las dos reconstrucciones 3D se comparan mediante el cálculo de la distancia entre un mismo punto perteneciente a la superficie del cuerpo vertebral. Estos cálculos se pueden presentar mediante mapeos 3D codificados por colores, en los que la distancia calculada se representa para cualquier punto con un color específico según el valor medido.

La precisión de las medidas dependió del grosor de los cortes de tomografía. En esta investigación, cada reconstrucción 3D se obtuvo mediante cortes milimétricos, con una

## Universidad de Valladolid

precisión de  $\pm 1$  mm. Estas reconstrucciones 3D también permiten cuantificar los cambios angulares vertebrales entre los dos platillos vertebrales, sin ningún sesgo. Por lo tanto, basándose en la reconstrucción 3D, se determinó el ángulo de cifosis vertebral sagital utilizando la proyección de los dos platillos vertebrales en el plano sagital.

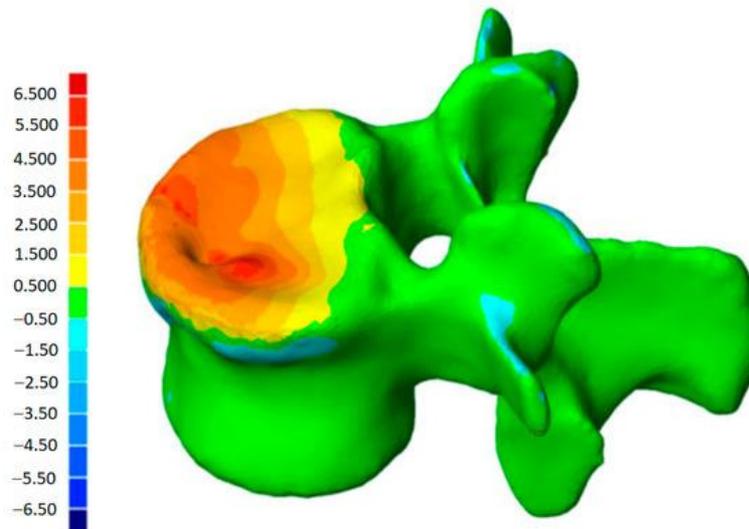


Figura 26. Mapeo 3D codificado por colores. Superposición de las reconstrucciones preoperatorias y postoperatorias, obteniendo la línea de altitud, correspondiente a los “mm” de reducción de las distintas partes de la vértebra

### 4.1.1.3 Los Casos

En cada paciente se realizó una planificación preoperatoria tanto con radiografías como con TAC. Con esta información se evaluaron el anillo cortical, los pedículos, la pared posterior y ambos platillos vertebrales de la vértebra fracturada. Lo anterior permitió evaluar la estabilidad del cuerpo vertebral involucrado, y se definió la estrategia quirúrgica que se utilizó para reducir la fractura vertebral, con respecto a los defectos de los platillos vertebrales.

Los pacientes se seleccionaron con muestreo intencional: tres sujetos que acudieron a la unidad de urgencias del HCUV entre los meses de mayo a junio del 2016 y se describen a continuación.

Tabla 10. Descripción de la muestra del estudio de caso.

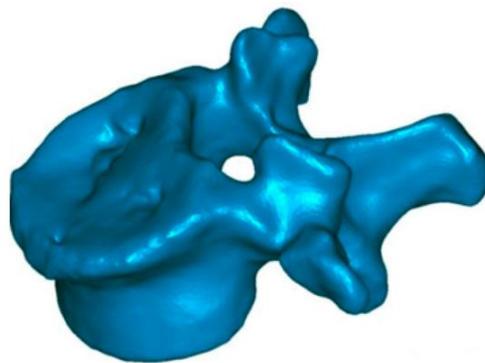
	Edad	Sexo	Diagnóstico	Tipo de tratamiento	Evaluación Final Angulo vertebral de la cifosis

## Universidad de Valladolid

<b>Sujeto 1</b>	57 años	Mujer	Osteopenia controlada. Fractura en cuña L1 Defecto del platillo vertebral EVA 8	Dos implantes en L1 con abordaje bipedicular percutáneo. 35 minutos de cirugía	De 9,7° a 3,7°
<b>Sujeto 2</b>	36 años	Varón	Sano Fractura A3.1 de L1 Platillo superior sufrió defecto con la caída EVA 7,5	Reconstrucción del platillo superior Dos implantes en cada vértebra	6,8° a 3,1° en L1 9,2 a 2,4° en L2
<b>Sujeto 3</b>	71 años	Varón	Osteoporótico Fractura bicóncava en L1 con los dos platillos afectados. EVA 9,1	Dos implantes permanentes intravertebrales. Restauración de la meseta superior 41 minutos de cirugía	De 6,6° a 6,9°

### 4.1.1.4 Procedimiento de Análisis: Diagnóstico y Cirugía Sujeto 1

Mujer de 57 años (padecía un cuadro de osteopenia previamente controlado) trabajadora de un restaurante. Presenta fractura en cuña en L1, ([Figura 27](#)) tras caída por suelo inestable. Para evaluar el dolor se utilizó una escala analógica visual (EVA). En esta escala presenta un nivel 8. Además, mostró un defecto en la parte central de la placa terminal superior, como se mostró en la tomografía computarizada preoperatoria.



*Figura 27. Defecto del platillo terminal central. Reconstrucción preoperatoria con afectación extensa de la meseta vertebral superior.*

Esta mujer fue operada al quinto día del evento traumático, con dos implantes colocados en L1, mediante abordaje bipedicular percutáneo bajo anestesia general. Adicionalmente, en esta circunstancia se inyectaron 2 ml de cemento polimetilmetacrilato (PMMA) en

## Universidad de Valladolid

cada implante para mantener la vértebra en su posición reducida. La duración total del procedimiento fue de alrededor de 35 min.

### Sujeto 2

Varón, 36 años, sin antecedentes médicos, que cayó mientras escalaba. Sufrió una fractura A3.1 de L1, con pérdida del 35% de la altura del cuerpo vertebral. Su dolor se evaluó preoperatoriamente mediante EVA, lo que resultó en un nivel de 7,5. El platillo superior de la vértebra sufrió un defecto global con impacto en la pared posterior, que se desplazó hacia el canal espinal. Este hombre fue operado 3 días después del evento bajo anestesia general. El procedimiento tuvo una duración de 24 min. En el proceso se utilizó un total de 3,4 ml de cemento de viscosidad media. El paciente fue dado de alta a su domicilio a las 24 h.

### Sujeto 3

Varón de 71 años, jubilado, con una afección ósea osteoporótica. Presentó dolor (9,1 en la escala EVA) posterior a una fractura bicóncava en L1 ( [Figura 28](#)). Las evaluaciones por imágenes mostraron que los dos platillos vertebrales se vieron afectados por la



fractura.

*Figura 28. TAC con ambos platillos impactados de la vértebra L1.*

El paciente fue intervenido veintidós días después de los primeros síntomas, bajo anestesia general. Luego de la reducción de la fractura mediante dos implantes permanentes intravertebrales, se inyectó cemento PMMA en la vértebra, para mantener la corrección. Se utilizaron un total de 3 ml de PMMA en el pedículo izquierdo y 2,5 ml en el pedículo derecho. El cirujano tardó alrededor de 41 minutos en realizar todo el procedimiento.

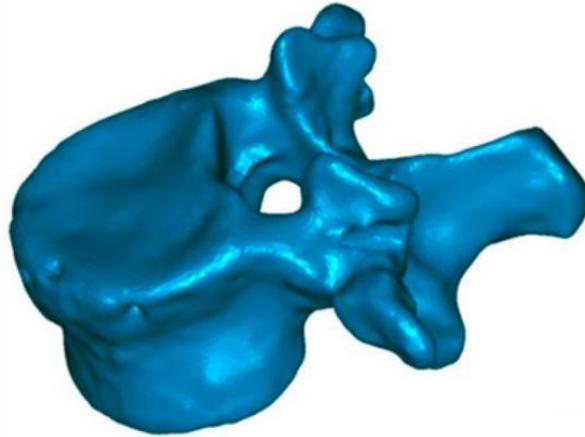
### **Resultados preliminares**

En todos los tres casos presentados (cuña, aplastamiento y bicóncavo), el uso de implantes intravertebrales expandibles ha demostrado que es posible reducir la fractura del cuerpo vertebral. Además, se restauró la anatomía de los platillos vertebrales antes de la estabilización con inyección de cemento PMMA. Ninguno de los procedimientos se asoció con complicaciones postoperatorias. El control del dolor fue efectivo en todos los casos, y ninguno de los pacientes necesitó un aparato ortopédico postoperatorio.

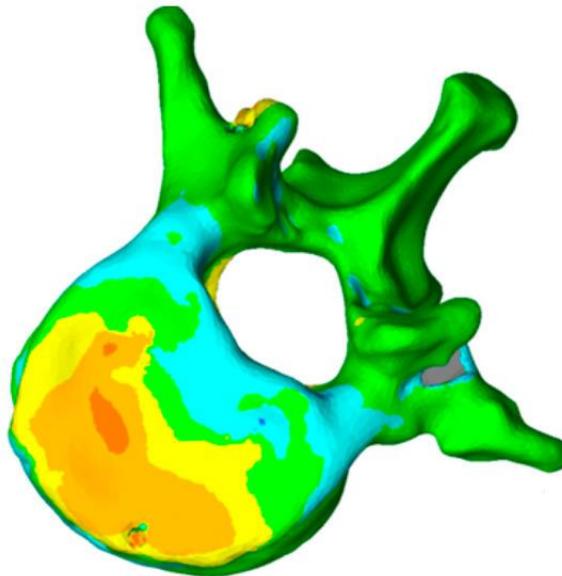
#### **4.1.1.5 Los Casos. Estudio y evolución**

##### ***Caso 1***

El paciente fue dado de alta del hospital tres días después de la cirugía. Volvió al trabajo tres meses después de la cirugía, con una reducción del dolor en torno al 64% (nivel 8 en preoperatorio con EVA, hasta 2,9 al alta hospitalaria). El procedimiento se desarrolló sin problemas, salvo una pequeña fuga asintomática en el disco intervertebral. El ángulo vertebral de la cifosis traumática se redujo un 62% en el plano sagital (de 9,7° preoperatorio a 3,7° al alta). Las reconstrucciones en 3D ([Figura 29](#)) muestran que se corrigieron los defectos en la placa terminal superior ([Figura 30](#)). El mapeo 3D permitió una cuantificación precisa de esta restauración para todo el cuerpo vertebral, y especialmente para ambos platillos vertebrales ([Figura 31](#)) así como la restauración del anillo cortical evidenciada en el examen de rayos X. El procedimiento ha permitido restaurar el defecto del platillo vertebral aumentando la altura superior de 6-2,5 mm en un 85% de la superficie total del platillo superior. En las figuras de los topogramas, la escala de colores representa la reducción, siendo el rojo el máximo y el blanco el mínimo (0–8 mm).



*Figura 29. Reducción del platillo superior. Reconstrucción preoperatoria.*



*Figura 30. Topograma que muestra la reducción 3D del platillo vertebral superior.*

El seguimiento del paciente a los 3, 6 y 12 meses mostró la eficacia del tratamiento. A los 3 y 6 meses el dolor (escala EVA) se redujo a 2 y a los 12 meses a 1,5. Con respecto al ángulo de mantenimiento de la altura vertebral, se ha observado  $3,7^\circ$  a los 3 meses,  $3,6^\circ$  a los 6 meses y  $3,8^\circ$  a los 12 meses.

## Caso 2

El paciente fue dado de alta a las 24 h de la cirugía. Regresó al trabajo y al deporte 1 mes después, sin ningún dolor. Los ángulos vertebrales de la cifosis traumática se redujeron un 55% (de  $6,8^\circ$  en el preoperatorio a  $3,1^\circ$  al alta) y un 73% (de  $9,20^\circ$  en el

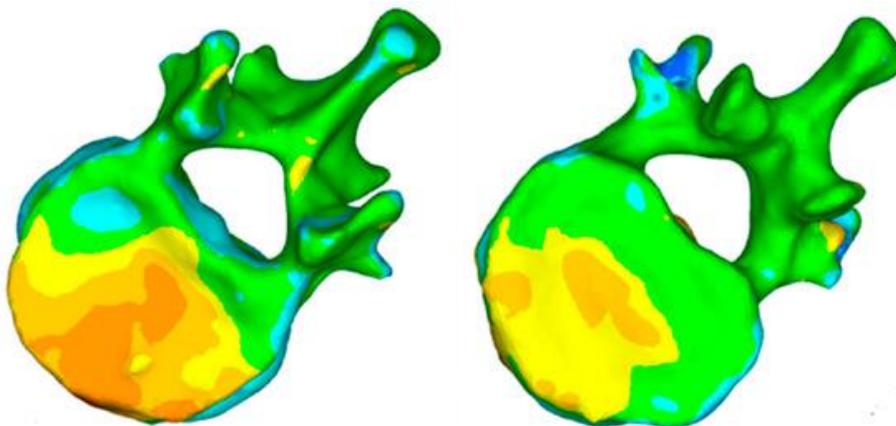
## Universidad de Valladolid

preoperatorio a  $2,4^\circ$  al alta) en L1 y L2, respectivamente. La restauración del platillo superior lograda fue de 4.4 mm, teniendo impacto en la superficie total del mismo. El procedimiento se realizó utilizando dos implantes en cada vértebra. Después de 9 meses del procedimiento quirúrgico, la corrección vertebral se mantuvo intacta y la alineación sagital se encontraba en parámetros normales para su edad y sexo.

El seguimiento de la paciente a los 3, 6 y 12 meses muestra los siguientes datos. A los 3, 6 y 12 meses, se observa 0 en dolor. Con respecto al mantenimiento de la altura vertebral, observamos: a los 3 meses, ángulo vertebral L1  $3,1^\circ$ , ángulo vertebral L2  $2,4^\circ$ ; a los 6 meses, ángulo vertebral L1  $3^\circ$ , ángulo vertebral L2  $2,4^\circ$ ; a los 12 meses, ángulo vertebral L1  $3^\circ$ , ángulo vertebral L2  $2,5^\circ$ .

### Caso 3

El paciente fue dado de alta hospitalaria cinco días después de la cirugía con una reducción significativa del dolor (50%). El ángulo vertebral de la cifosis se redujo un 49% (de  $13^\circ$  en el preoperatorio a  $6,6^\circ$  al alta). Con respecto a la reducción anatómica, se restauró la meseta superior como se muestra en la reconstrucción 3D. El mapeo 3D muestra que los dos implantes han permitido la reducción de la meseta fracturada previa estabilización con cemento ([Figura 31](#)). Tanto los platillos superiores como los inferiores se redujeron mediante el siguiente procedimiento: entre 2,5 y 3,5 mm de aumento de altura y el 20 % del platillo superior, y entre 1,5 mm y 2,5 mm de aumento de altura en el 13 % del platillo inferior ([Figura 31](#)).



*Figura 31. Topograma que muestra la reconstrucción 3D de los platillos vertebrales superior e inferior.*

## Universidad de Valladolid

El seguimiento del paciente a los 3, 6 y 12 meses mostró la eficacia del tratamiento. A los 3 meses dolor, en EVA observamos 1,9, a los 6 meses 1,5 y a los 12 meses 1,2. En cuanto al ángulo vertebral, una medida de  $6,6^\circ$  a los 3 meses,  $6,8^\circ$  a los 6 meses y  $6,9^\circ$  a los 12 meses.

Se puede inferir a partir del análisis descriptivo de los tres casos, que el tratamiento seleccionado, así como el procedimiento de las reconstrucciones 3D permitieron estudiar con minuciosidad cada CV, detallando su capacidad volumétrica en su totalidad y la reducción anatómica de las patologías de cada paciente.

### 4.1.1.6 La Descripción Teórica del Estudio Aplicado

En este estudio la técnica quirúrgica planificada y desarrollada ha demostrado la capacidad de reducir anatómicamente los fragmentos rotos. Esto ha supuesto una mejora en el estado funcional de los pacientes con una restauración de las propiedades biomecánicas de la unidad funcional del disco, con un claro impacto en la calidad de vida. Tradicionalmente, el procedimiento quirúrgico para FVC se limitaba a métodos agresivos de estabilización abierta (160). Este procedimiento conllevaba múltiples comorbilidades. Además, en algunos casos, la edad del paciente fue un factor limitante. Más recientemente, se han realizado tratamientos percutáneos para FVC (161). Galibert et al. (117) han introducido nuevos factores al realizar una inyección percutánea de polimetilmetacrilato viscoso (PMMA) en el cuerpo vertebral. En el proceso de cifoplastia, se introduce percutáneamente un globo en el cuerpo vertebral fracturado, que se infla para crear una cavidad. Posteriormente, el globo se desinfla, se retira y se inyecta PMMA.

Ahora bien, estas técnicas se utilizan ampliamente para el tratamiento de FVC (162). En el tratamiento de las FVC agudas y dolorosas se ha demostrado su eficacia, con un aumento del tiempo de recuperación respecto al tratamiento conservador (163). Sin embargo, a pesar del uso de estas técnicas, se ha encontrado evidencia de que la reducción anatómica de las FVC implica la restauración de la altura del cuerpo vertebral, la reducción de la cifosis vertebral y la restauración de la morfología de la placa terminal antes de la estabilización (121,154,164). Además, estas dos técnicas percutáneas se



## Universidad de Valladolid

desarrollan, mientras se inyecta cemento, para mantener las fuerzas de reducción, y en algunos casos, se produce cierta pérdida de reducción con la cifoplastia con balón (119).

En este estudio se demuestra que la restauración vertebral anatómica después de FVC es posible si el dispositivo permite un buen control de las acciones reductoras, tanto en cantidad como en dirección. Si bien es cierto que es posible reconstruir un cuerpo vertebral deprimido de manera que no se demore la movilización, también es cierto que este es una técnica que debe ser dominado y realizado de manera totalmente controlada. Dado que la columna vertebral soporta cargas durante la vida y las actividades cotidianas (126,165), las lesiones de las articulaciones vertebrales merecen ser tratadas con los mismos principios que cualquier otra lesión de las articulaciones que soportan peso, es decir, mediante una reducción anatómica biomecánica estable para permitir una recuperación temprana. movilización, soporte de peso y restauración biomecánica.

Desde el punto de vista clínico, la restauración de la altura vertebral debe ser importante (88,89,126,165). De acuerdo con datos previos y la implementación en términos de resultados clínicos y funcionales en relación con los hallazgos radiológicos, la restauración de la placa terminal debería ser aún más importante. En el mismo sentido se expresa Rohlmann (95) al considerar que las cargas vertebrales tras la cifoplastia en pacientes osteoporóticos sólo son evidentes si se consigue una reducción casi total de la fractura.

El cambio en el centro de gravedad ocurrido después de fracturas únicas o múltiples, es un problema que afecta las articulaciones adyacentes y la marcha. En este sentido, Kuo et al. (166) han indicado que existe un mecanismo adaptativo. Por tanto, la restauración anatómica y biomecánica de una vértebra fracturada es posible con el beneficio obtenido de minimizar los mecanismos compensatorios en la marcha.

Finalmente, en el campo de las fracturas vertebrales, sería deseable evolucionar hacia la osteointegración y la regeneración ósea. Este aspecto ya ha sido señalado por Hsieh et al. (166) en el trabajo con modelos animales. Además, Coderea et al. (167) en su revisión sobre biomateriales proponen el uso de cemento CAP (fosfato de calcio) para el crecimiento óseo, pero aún están pendientes los ensayos clínicos, o con adición de otros biomateriales como Mg, como proponen Bose et al. (168). Sin embargo, en humanos, los dispositivos intravertebrales de osteointegración aún están en estudio.

## Universidad de Valladolid

Existen otras opciones como un implante de titanio anodizado, utilizando un nanogenerador triboeléctrico (TENG) para promover la osteogénesis y prevenir infecciones, que podrían ser de interés para desarrollar implantes intravertebrales y evitar el uso de PMMA (169). Este tipo de recubrimiento representa un campo de desarrollo para mejorar los resultados clínicos y radiológicos.

### 4.1.1.7 Resultados parciales

1. La reducción anatómica de los FVC implica la restauración de la altura del cuerpo vertebral, la reducción de la cifosis vertebral y la restauración de la morfología de la placa terminal antes de la estabilización.
2. La restauración vertebral anatómica después de FVC es posible si el dispositivo permite un buen control de las acciones reductoras, tanto en cantidad como en dirección.
3. La técnica quirúrgica planificada y desarrollada ha demostrado la capacidad de reducir anatómicamente los fragmentos rotos: Reconstrucción del CV con TAC y cortes en 3D con superposición.
4. Este estudio que permitió realizar TAC con cortes en 3D con procedimiento de manera no invasiva conlleva a la utilización de TAC GSI para calcular la masa volumétrica en cada región de interés del CV en estudio, detallándose con precisión la cantidad de agua e hidroxapatita contenida en cada región y poder con esto encontrar resultados que puedan sustituir algunas pruebas radiológicas que resultan costosas e invasivas para los pacientes con osteoporosis y osteopenia.
5. Es importante replicar este estudio con muestras grandes y con edades no limitantes.

### 4.1.2 Descripción de pruebas diagnósticas para FV y su tratamiento: un estudio narrativo<sup>1,2</sup>

#### 4.1.2.1 Presentación

Se detalla una investigación que se realizó en el período enero-diciembre 2017. Es de tipo descriptiva pues permite avanzar al estudio analítico observacional. El objetivo

---

<sup>2</sup> Estudio publicado en *Diagnostics* **2022**, *12*, 1615. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12071615>

## Universidad de Valladolid

fundamental es describir las diferentes pruebas que existen en la literatura que permitan diagnosticar y estudiar las lesiones del raquis y en especial las FV en los pacientes. Así como también describir los diferentes tratamientos que se han aplicado para tratarlas, a fin de establecer y proyectar los hallazgos a la investigación que se presenta en este informe.

Con este estudio descriptivo se logró analizar numerosas investigaciones que han venido utilizando diversas pruebas radiológicas y tecnológicas que han servido de soporte a la investigación central. Se determina la pluralidad de puntos de vista posibles, sus usos y recomendaciones a la hora de la selección y aplicación de estas pruebas y tratamientos. Se han seleccionado los estudios en vértebras cervicales C1 y C2 en adultos como componente del cuerpo vertebral, ya que las descripciones encontradas sirven para el cuerpo vertebral en general. Estas descripciones aportaron un conocimiento relevante que sirven como marco de referencia para interpretar y analizar los factores determinantes al momento de diagnosticar y tratar una lesión en la columna vertebral. También es útil para mejorar las técnicas existentes al hacer las comparaciones entre los hallazgos.

Es un estudio de carácter descriptivo, inductivo y documental. La cuestión de investigación es de proceso; es decir, se examina la experiencia y los significados que los autores a lo largo de sus trabajos le otorgan a sus resultados y vivencias. El método es inductivo. Para estudiar el uso y aplicación que los autores de los artículos y trabajos científicos se inicia con una recolección (búsqueda), lectura y análisis de la información de diferentes fuentes. La estrategia de recogida de información que se utilizó es el análisis de los materiales escritos, los cuales vienen a ser considerados como instrumentos cuasi-observables que en cierto modo reemplazan al observador y entrevistador en situaciones inaccesibles.

### **4.1.2.2 Metodología Específica de Análisis y Búsqueda de la Información**

La metodología de recolección, búsqueda y análisis de la información se desarrolló en tres grandes actividades. Estas no definen un proceso lineal de análisis en el que se pasa secuencialmente de unas tareas a otras, sino que algunas se dan de manera simultánea. Este proceso permitió hacer una reconstrucción de la evolución de las técnicas o procedimientos y pruebas utilizadas por los autores.

#### **Actividad 1: La red**

## Universidad de Valladolid

Se realizó una búsqueda estructurada en las bases de datos SCOPUS, Medline (PubMed) y Web de la ciencia (WOS). La búsqueda utilizó las siguientes palabras clave a) C1-C2; b) atlantoaxoidea; c) atlantoaxial; d) AND rotatory; e) AND (instability OR Subluxation OR Dislocation)

La búsqueda bibliográfica se realizó de acuerdo con las pautas sugeridas por (170). La “estrategia de búsqueda completa” se presenta en [Figura 32](#). Como criterios de inclusión se establecieron las siguientes: humano, adulto e inglés.

El método PRISMA o la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), publicada en 2009, se diseñó para ayudar a los autores de revisiones sistemáticas a documentar de manera transparente el porqué de la revisión, qué hicieron los autores y qué encontraron (170). Los pasos, se detallan a continuación:

Título. Identificar la publicación

Resumen estructurado. ...

Justificación. ...

Objetivos. ...

Protocolo y registro. ...

Criterios de elegibilidad. ...

Fuentes de información. ...

Búsqueda.

En la búsqueda se ha encontrado lo siguiente (en tres etapas diferentes).

- 1) Artículos referentes a diagnóstico a través de RMN, TAC computarizada dinámica, TAC con cortes 3D, Rx : autores 154,155,156,157.
- 2) Artículos sobre técnicas de abordaje y revisiones de las diversas técnicas: autores 117,124,155,157,158.
- 3) Artículos sobre revisiones de datos en la literatura existente sobre el tema con estudios de caso: autores 117,1124,157,160.
- 4) Artículos sobre clasificaciones, tipologías, indicaciones terapéuticas y abordajes quirúrgicos; autores 26,75,88,89.
- 5) Artículos en pacientes pediátricos: autores: 4,155,157,158.
- 6) Artículos sobre el síndrome Grisel: autores 10,178,184
- 7) Artículos sobre diversos tratamientos: autores 1176,177,178,182-186.

### Actividad 2. Fragmentación de la información

Todos los títulos y resúmenes encontrados se separaron para identificar duplicados y posibles estudios faltantes: 1). Se seleccionaron los artículos en base a lo que se encontró en los resúmenes; 2). Se hizo una selección más exhaustiva mediante la lectura de los artículos seleccionados, teniendo en cuenta que muchos de ellos son muy similares y no aportan más que otro artículo seleccionado y 3) Se seleccionaron 9 artículos sobre cirugía y diagnósticos.

A continuación, se describen las descripciones de las revisiones y análisis de la información encontrada en la búsqueda sistemática.

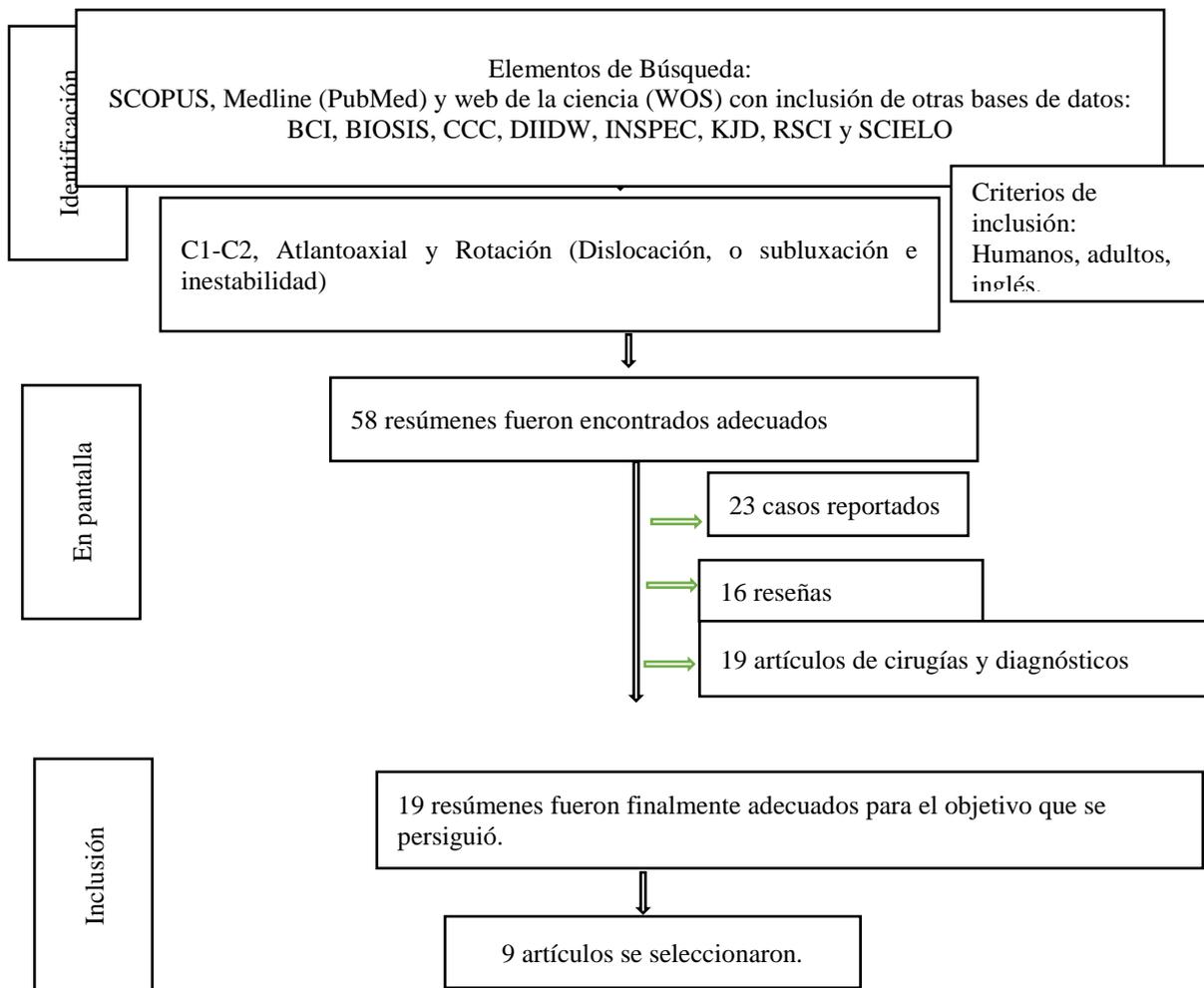


Figura 32. Estrategia de búsqueda completa para desarrollar la revisión sistemática y posterior descripción narrativa.



## Universidad de Valladolid

### Actividad 3.

Se separaron los 58 artículos en tres categorías: a) 23 sobre casos reportados, b) 16 reseñas, b) 19 sobre cirugías y diagnósticos. Finalmente, de los 19 resúmenes adecuados, se seleccionaron 9.

Seguidamente se describen lo encontrado en los artículos referentes al diagnóstico. El abordaje y tratamiento correcto de la luxación atloaxoidea requiere un estudio cuidadoso de los hallazgos radiológicos para decidir la dirección y el plano de la luxación, y la búsqueda de anomalías esqueléticas asociadas y con esto precisar el tratamiento adecuado.

#### **Radiografía simple**

La radiografía anteroposterior (AP) con la boca abierta puede mostrar el desplazamiento de la apófisis odontoides o la superposición lateral según nueva clasificación (5). Sin embargo, la posición de la cabeza y el rango de movimiento limitado asociado con la tortícolis pueden hacer que las radiografías de la columna cervical sean inexactas y difíciles de interpretar (17,171). En la radiografía lateral, la inclinación de la cabeza puede oscurecer la anatomía normal y los puntos de referencia de las vértebras, lo que requiere experiencia y una buena orientación en sus posiciones.

#### **Tomografía computarizada (TAC)**

Esta ha sido una técnica muy utilizada, e incluso en base a diferentes clasificaciones se han realizado como hemos indicado anteriormente (4,7,16,172,173). La TAC volumétrica muestra la rotación de C1 sobre C2 con exposición de parte de la faceta articular superior de C2, lo que indica subluxación rotatoria ( [Figura 32](#) y [Figura 33](#)).

Recientemente se ha cuestionado el valor diagnóstico de la TAC, especialmente en fases agudas. En este sentido, Alanay et al. (174) indicó que tenía baja confiabilidad y reproducibilidad y desaconsejó su uso rutinario. De la misma manera, Hicazi et al. (175) tampoco observó anomalías en el movimiento 4 días después del inicio de los síntomas. Esto podría deberse al hecho de que los pacientes con tortícolis aguda probablemente tengan menos anomalías.

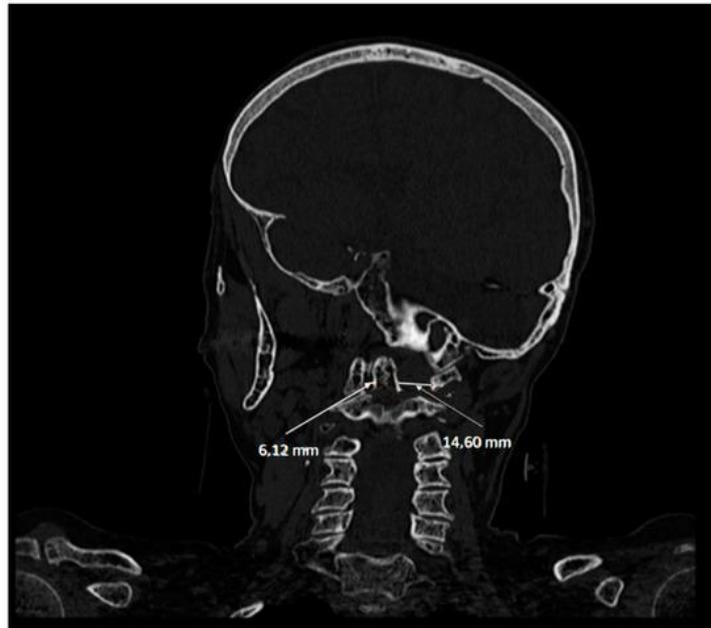


Figura 33. Tomografía axial computarizada, corte sagital. Se aprecia la asimetría de las facetas articulares izquierda y derecha.



Figura 34. Tomografía axial computarizada, reconstrucción 3D..

### **Imágenes por resonancia magnética (RMN)**

La RMN es muy útil para identificar la compresión de la médula espinal cervical al definir los elementos óseos o inflamatorios que causan la estenosis.



*Figura 35. Subluxación C1-C2 por RMN.*

También se ha propuesto el uso de resonancia magnética dinámica para la evaluación, ya que los pacientes con un diámetro de la médula espinal menor de 6 mm en flexión tienen riesgo de déficit neurológico.

En resumen, podríamos decir que la radiografía simple en proyección lateral es fundamental para valorar signos de inestabilidad. Así, un desplazamiento anterior o un aumento del espacio interespinoso pueden indicar una lesión posterior de la columna subaxial. Una mejor evaluación de la estructura ósea la proporcionan las imágenes de TAC, que deben tomarse sistemáticamente no solo con fines diagnósticos sino también para predecir la correcta colocación de los tornillos en las masas laterales. Sin embargo,

## Universidad de Valladolid

es el estudio de RMN en el que las imágenes aportan más datos para demostrar la lesión de la banda de tensión posterior (176).

### Tratamientos

El objetivo principal del tratamiento en pacientes con subluxación rotatoria no traumática de C1 sobre C2 es aliviar el dolor y prevenir el desarrollo de déficits neurológicos. La decisión de adoptar un abordaje quirúrgico se basa en la estabilidad de la articulación, su reubicación y la afectación de los ligamentos alares transversos (167,177). Cabe señalar que, en los casos no tratados, puede producirse una adhesión patológica entre C1 y C2, que aumenta con la persistencia de la dinámica anormal, probablemente debido a la contractura de los tejidos blandos periarticulares y los cambios adhesivos crónicos en las superficies articulares (178).

La literatura reporta dos tipos de tratamientos, el conservador y el quirúrgico (5,171,172,179–181)

### Tratamiento conservador

El tratamiento conservador incluye el uso de analgésicos y antiinflamatorios, relajantes musculares, técnicas de fisioterapia y ortesis. De hecho, hay autores (171) que han informado de la resolución de la subluxación C1-C2 solo con medicación. Sin embargo, esto generalmente se complementa con alguna forma de manipulación cervical pasiva. Dentro de las terapias físicas, las opciones para realinear el cuello en una posición reducida incluyen el uso de collares cervicales, tracción esquelética o inmovilización con halo. En ausencia de fractura o compromiso neurológico, el tratamiento no quirúrgico es una opción viable antes de recurrir a la cirugía.

Fat et al. (178) han propuesto un enfoque terapéutico según la clasificación de Fielding-Hawkins, que reproducimos en la [Tabla 11](#) a continuación.

Tabla 11. Estrategia terapéutica según la clasificación de Fielding-Hawkins.

Clasificación	Descripción	Estrategia Terapéutica
<b>Tipo I</b>	Rotación pura del atlas en relación al eje sin desplazamiento anterior	Tratamiento conservador: collarín blando, AINE, relajantes musculares.
<b>Tipo II</b>	Atlas rotado con desplazamiento anterior de 3 a 5 mm	Tratamiento conservador: reducción, corsé filadelfia
<b>Tipo III</b>	Atlas girado con anterior desplazamiento superior a 5 mm	Tratamiento quirúrgico reducción abierta, fusión de C1-C2

En general, los tipos I y II se reducen y recuperan la normalidad funcional en menos de una semana con medidas terapéuticas sencillas (ortesis blandas, analgésicos y relajantes musculares). Cuando persisten más de una semana, serían necesarias manipulaciones o tracciones para su reducción, seguidas de la colocación de sistemas de contención como minervas moldeadas o, según algunos autores, halos craneotorácicos. Los casos recurrentes, no reducibles por manipulación o después de tres semanas de tratamiento ortésico, pueden requerir tratamiento quirúrgico con fijaciones instrumentadas posteriores. Los casos con luxaciones tipo III o IV requerirán tratamiento quirúrgico con fijaciones instrumentadas posteriores. En el caso de las fracturas tipo III, su trayecto se extiende desde la base de la odontoides hasta el cuerpo de C2 y el tratamiento es clínico o quirúrgico (177,178).

Por lo tanto, la evaluación de la inestabilidad clínica de la columna es clave. En este sentido, White y Panjabi, basándose en estudios anatómicos (radiológicos), biomecánicos y clínicos, crearon la denominada “Lista de verificación clínica de White y Panjabi”. Estos autores concluyen que la estabilidad de la columna anterior depende fundamentalmente de los ligamentos cervicales anterior y posterior, mientras que la columna posterior depende de las cápsulas articulares de las facetas articulares (182).

#### Artrodesis

La artrodesis de las vértebras C1-C2 es una de las técnicas de elección cuando fracasa el tratamiento conservador. Los dispositivos de osteosíntesis deben crear una estabilización multidireccional mediante la fijación de segmentos cortos, dejando libres tantos segmentos móviles como sea posible (183–186). En definitiva, la fijación de la columna cervical permite restablecer la estabilidad o corregir la alineación de las

## Universidad de Valladolid

vértebras. El principal riesgo de la fijación de columna está asociado a la lesión neurológica que se puede producir al introducir el material de artrodesis, para lo cual los cirujanos utilizan métodos radiológicos para controlar de forma continua en todo momento la ubicación del material implantado. En el desarrollo de esta técnica quirúrgica se han descrito diferentes métodos, todos ellos con el mismo objetivo. Además, al ser la inestabilidad de la columna cervical el tema fundamental, hay que tener en cuenta las diferencias en la contribución al rango de movimiento de C1 y C2, lo que lleva a establecer diferentes criterios según los distintos tipos de fracturas asociadas. .

## 5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN CENTRAL

### 5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

#### 5.1.1 MUESTRA N = 170

Se tomaron 2890 mediciones del cuerpo vertebral en estudio (L1, L2, L3, L4, fémur, cuello de fémur, Torácicas) a través de Rx Ap-Lateral, RMN, TAC GSI y DXA.

Las características de la población estudiada se describen mediante análisis descriptivo, calculando media y desviación estándar para variables continuas y frecuencia absoluta y porcentaje para variables categóricas. Para comparar medias se utilizó la prueba de T de Student o ANOVA de un factor y Chi-cuadrado, Spearman y Pearson para variables categóricas.

Se muestra en primer lugar, los resultados correspondientes a la distribución de las variables edad, sexo, talla, peso, IMC, mediciones según TAC GSI (Water/HAP) y regiones de interés. Seguidamente se muestran los resultados de las variables categóricas.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos para N= 170.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad	170	34	100	73,64	12,215
Peso	170	45,0	112,0	76,812	12,8905
Talla (metros)	170	1,47	1,82	1,6426	,06149

## Universidad de Valladolid

IMC	170	17,147	41,010	28,50105	4,830671
DENSIDAD TAC GLOBAL (mg/cm <sup>3</sup> ) HAP	170	840,50	1112,00	969,2477	20,97660
DENSIDAD TAC GLOBAL (mg/cm <sup>3</sup> ) Water	170	23,530	152,200	78,46718	27,430500
DXA CV	170	-1,0000	89,0000	1,469976	6,7616322
N válido (por lista)	170				

Un total de 170 pacientes fueron incluidos en el estudio, de los cuales 48 eran varones (28,2%) y 122 mujeres (71,8%). El rango de edad de los pacientes se situó entre los 34 y los 100 años, con una edad media de 73,64 años, desviación típica de 12,215. Respecto al peso el valor medio se encuentra en 76,812 kg, con un mínimo de 45 kg y un máximo de 112 kg. La desviación típica es de 12,8905. En cuanto a la talla, la media es de 1,6426 m con una desviación de 0,6146. Los valores mínimos se sitúan en 1,47 m y los máximos en 1,82 m. Con respecto al índice de masa corporal, la media se situó en 28,50105 con una desviación de 4,830671. Los valores mínimos se sitúan en 17,147(kg/m<sup>2</sup>) y los máximos en 41,010.

Se describen a continuación los resultados media, desviación, mínimo y máximo de las regiones de interés HAP y WATER de la muestra total.

*Tabla 13. Estadísticos descriptivos para N=170 Regiones de interés HAP.*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TAC 1A HAP	170	928,2	1135,0	966,824	19,1188
TAC 1B HAP	170	919,0	9611,0	<b>1017,671</b>	<b>663,2637</b>
TAC 2A HAP	170	934,9	1154,0	970,932	19,1679
TAC 2B HAP	170	928,4	1098,0	968,301	16,6916
TAC 3A HAP	170	941,3	1163,0	<b>973,790</b>	<b>18,9151</b>
TAC 3B HAP	170	931,5	1079,0	969,894	15,1290
N válido (por lista)	170				

Tabla 14. Estadísticos descriptivos para N=170 de las regiones de interés Wáter.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
TAC 1A Wáter	170	23,20	168,30	<b>79,5381</b>	<b>34,94158</b>
TAC 1B Wáter	170	11,80	203,00	<b>80,5684</b>	<b>36,87934</b>
TAC 2A Wáter	170	15,50	145,90	71,6959	29,56302
TAC 2B Wáter	170	13,22	160,30	75,7258	30,14118
TAC 3A Wáter	170	18,10	158,80	75,8065	30,83777
TAC 3B Wáter	170	28,18	153,00	<b>82,8648</b>	<b>29,17768</b>
N válido (por lista)	170				

Los resultados indican que las mayores medias de cantidad de HAP en la vértebra medida se encuentra en TAC 1B y TAC 3A con valor 1017,67 mg/cm<sup>3</sup> y 973,79 mg/cm<sup>3</sup>. Por otra parte, para las regiones de interés Wáter, las medias mayores se encuentran en TAC 1A, TAC 1B y TAC 3B con valores de 79,53 mg/cm<sup>3</sup>, 80,56 mg/cm<sup>3</sup> y 82,86 mg/cm<sup>3</sup> respectivamente. Los valores mínimo y máximo de cantidad de agua en la vértebra medida, se encuentra en la región TAC 1B con 11,80 y 203 mg/cm<sup>3</sup> respectivamente.

Los resultados correspondientes a la distribución de las variables cualitativas o categóricas patologías previas, fracturas encontradas, mecanismo que produjeron las fracturas, tipo de fracturas según AO/Magerl, localización de las FV, fracturas previas (vertebrales y no vertebrales), DMO, RMN, EVA al momento del diagnóstico de FV y en las visitas 1,3,6,12 mes, tratamiento definitivo (conservador/ quirúrgico) y tratamiento previo en ambos grupos se detallan a continuación.

En el estudio se incluyen 170 pacientes, de los cuales 54 (40 mujeres y 14 varones) presentaban fracturas previas y el restante (116) no tenían.

Tabla 15. Descripción de variables FRACTURAS PREVIAS\*SEXO.

*Recuento*

		SEXO		Total
		Mujer	Hombre	
FRACTURAS	No	66	25	91
PREVIAS	si	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>28</b>
	S/FXV	16	9	25
	otro	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>26</b>
Total		122	48	170

Nota: S/FXV: sin fractura vertebral previa para N=25

Tabla 16. Descriptivo variables nivel medido\*SEXO.

		SEXO		Total
		Mujer	Hombre	
Nivel medido	L1	1	1	2
	L2	96	36	132
	L3	13	8	21
	L4	12	3	15
Total		122	48	170

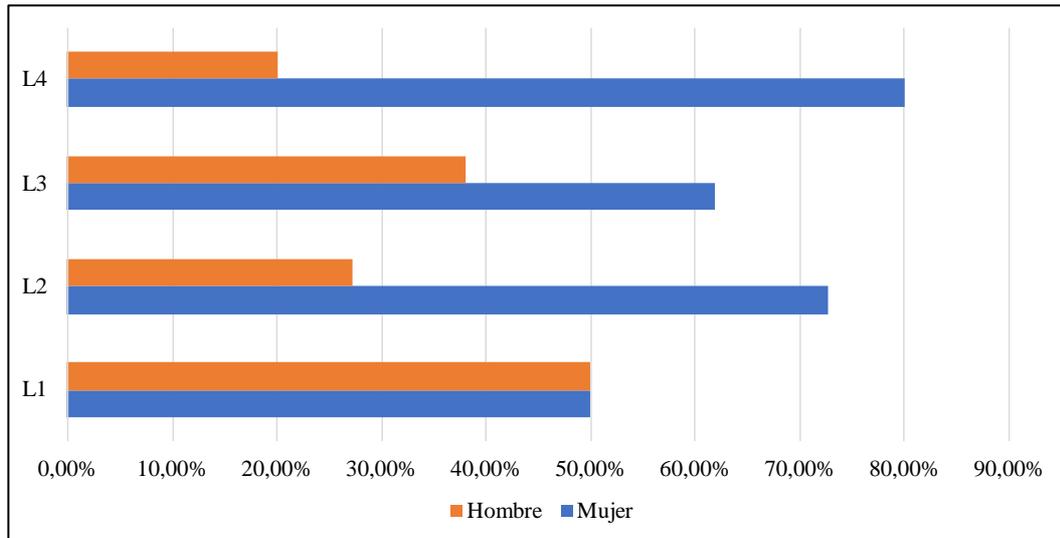


Figura 36. % de Nivel medido según sexo.

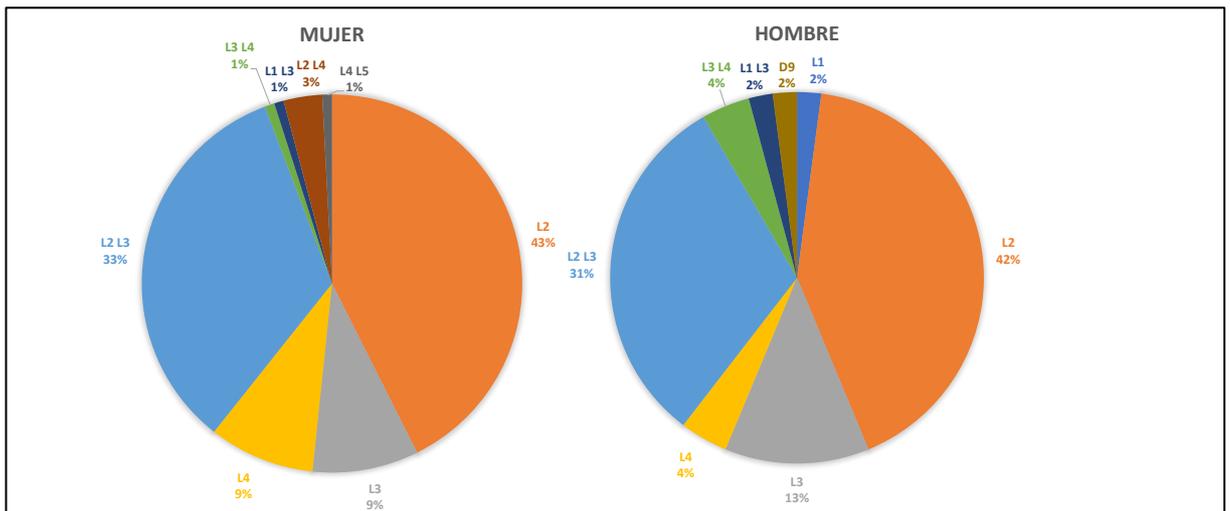


Figura 37. Porcentaje de Cuerpos vertebrales medidos, según sexo.

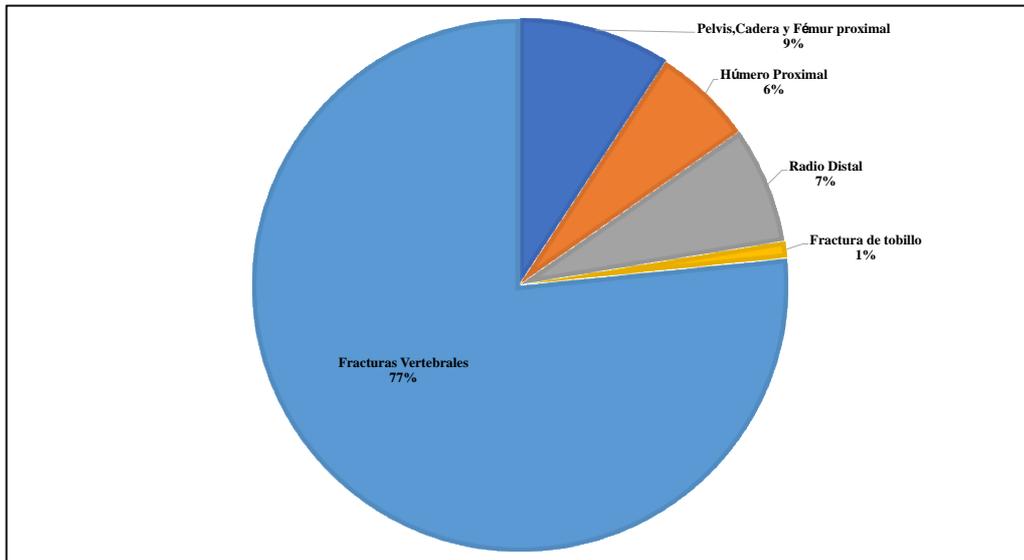


Figura 38. Porcentajes encontrados según las fracturas previas.

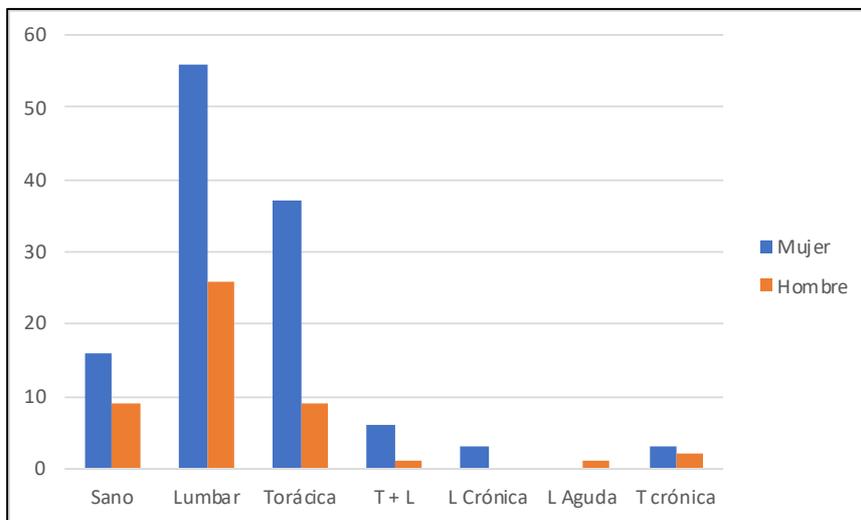


Figura 39. Segmento afectado con FV según el sexo.

Tabla 17. Descriptivo variables Vertebras Fracturadas\*SEXO

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Vertebras Fracturadas	Sano	Recuento	16	9	25
		% dentro de Vertebras Fract	64,0%	36,0%	100,0%
	L	Recuento	56	26	82
		% dentro de Vertebras Fract	68,3%	31,7%	100,0%
	T	Recuento	37	9	46
		% dentro de Vertebras Fract	80,4%	19,6%	100,0%
	T + L	Recuento	6	1	7
		% dentro de Vertebras Fract	85,7%	14,3%	100,0%
	L Crónica	Recuento	3	0	3
		% dentro de Vertebras Fract	100,0%	0,0%	100,0%
L A	Recuento	0	1	1	
	% dentro de Vertebras Fract	0,0%	100,0%	100,0%	
T Crónica	Recuento	3	2	5	
	% dentro de Vertebras Fract	60,0%	40,0%	100,0%	
L C A	Recuento	1	0	1	
	% dentro de Vertebras Fract	100,0%	0,0%	100,0%	
Total		Recuento	122	48	170
		% dentro de Vertebras Fract	71,8%	28,2%	100,0%

La vértebra frecuentemente afectada fue L1 con 36 pacientes (24,82%), D12 con 29 pacientes (20%), L2 con 20 pacientes (13,79%), L3 y L4 con 15 pacientes cada una (10,34%), D11 con 8 pacientes (5,51%), L5 con 6 pacientes (4,13%) D10 con 4 pacientes (2,75%) y D6, D7, D8 y D9 con 3 pacientes cada uno (2,06%).

Sin fractura vertebral previa 91 pacientes (66 mujeres y 25 varones), 26 mostraron fracturas previas que no eran vertebrales: fracturas de pelvis, cadera y fémur proximal se encontró en 9 pacientes (6,20%). Con fracturas de húmero proximal, había 6 pacientes (4,13%), de radio distal 7 (4,82%). Sólo 1 paciente (0,68%) tenía antecedente de fractura de tobillo (Figura 23 y 24).

## Universidad de Valladolid

El tipo de estas vértebras fracturadas fue por comprensión (A1-A2-A3), con un total de 144 pacientes. 52 pacientes tenían del tipo A1, de los cuales 42 eran mujeres y 10 varones. Del tipo A2, 40 eran mujeres y 20 varones para un total de 60 y del tipo A3, 24 mujeres y 8 varones. Finalmente, un sólo varón tenía fractura por distracción (B1) y 25 pacientes no tenían ningún tipo de fractura vertebral, 16 eran mujeres y 9 varones (Figura 25).

Tabla 18. Descriptivo variables Tipo de Fractura según AO\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Tipo de Fractura según AO	Sano	Recuento	16	9	25
		% dentro de Tipo de Fractura según AO	64,0%	36,0%	100,0%
A1	Recuento	42	10	52	
	% dentro de Tipo de Fractura según AO	80,8%	19,2%	100,0%	
A2	Recuento	40	20	60	
	% dentro de Tipo de Fractura según AO	66,7%	33,3%	100,0%	
A3	Recuento	24	8	32	
	% dentro de Tipo de Fractura según AO	75,0%	25,0%	100,0%	
B1	Recuento	0	1	1	
	% dentro de Tipo de Fractura según AO	0,0%	100,0%	100,0%	
Total	Recuento	122	48	170	
	% dentro de Tipo de Fractura según AO	71,8%	28,2%	100,0%	

Desde el punto de vista etiológico, en 55 pacientes (37,93%) se produjo la fractura sin existir traumatismo previo; entre estos 44 eran mujeres (80%) y 11 (20%) de ellos eran varones, la edad media en estos pacientes era de 75,55 años, en ambos grupos predominaban los que estaban en edades mayores a 65 años (73,18%).

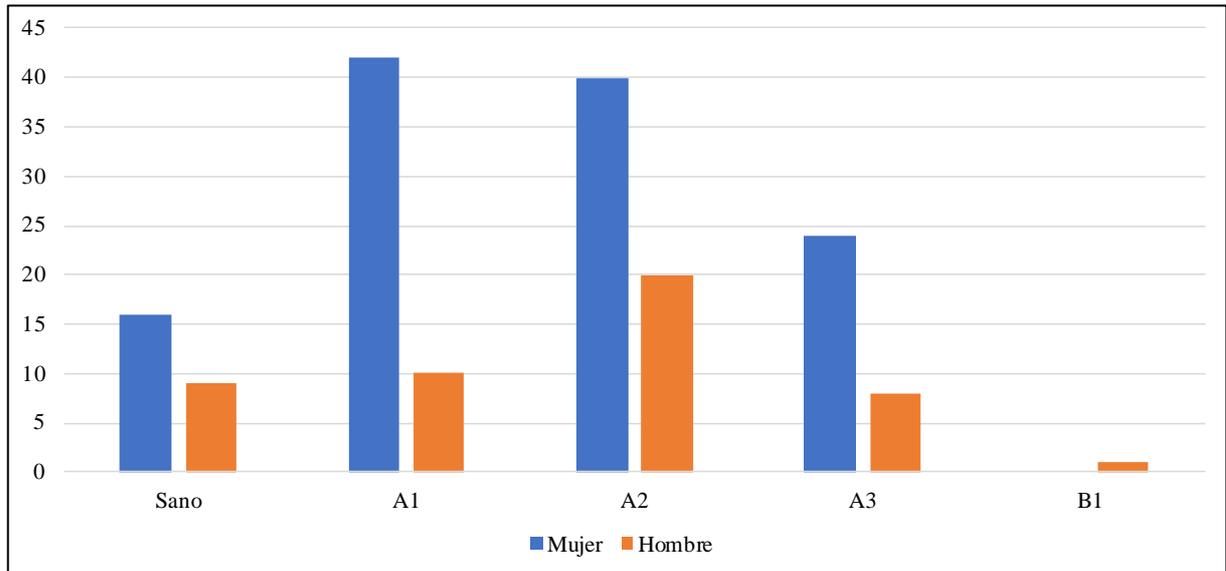


Figura 40. Tipo. De fractura vertebral según AO.

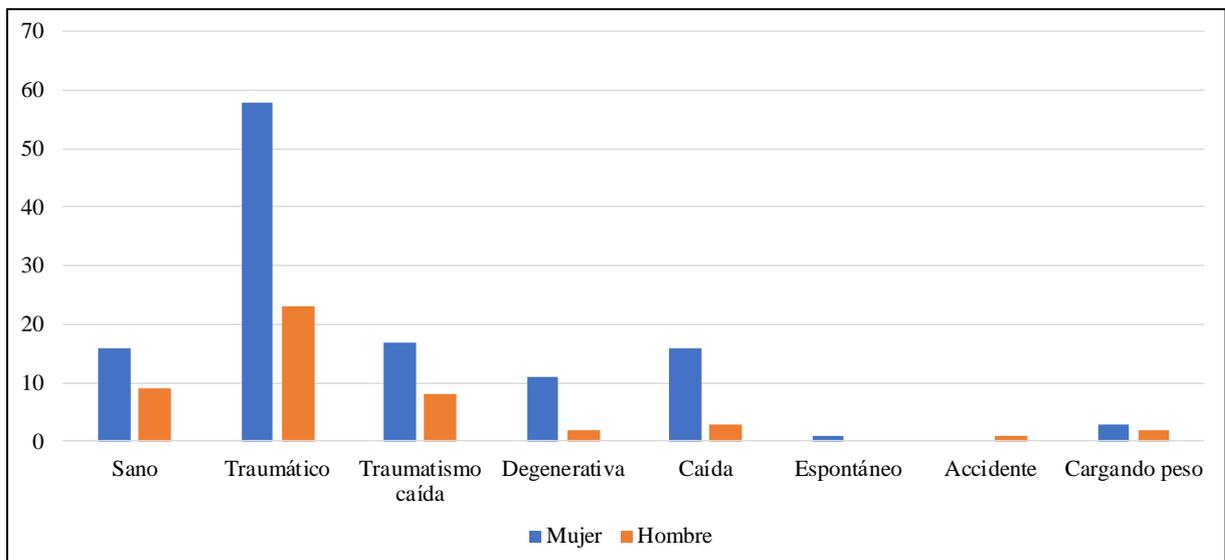


Figura 41. Frecuencia del Mecanismo lesional de las fracturas vertebrales.

Se encontró que hubo 90 pacientes (62,06%) con traumatismo de baja energía, de los cuales 64 (71,11%) fueron mujeres y 26 (28,88 %) fueron hombres, siendo significativo el grupo representado por las mujeres en edades mayor a 65 años 44,44% en comparación con 24,07% en hombres de misma edad. Se encontró 1 (0,68 %) fractura causada por accidentes de tráfico en varones, ninguna mujer. Se considera traumatismo

**Universidad de Valladolid**

de baja energía aquellos que se identifican como traumatismo tras caída desde su altura.  
(Figura 26)

*Tabla 19. Descriptivo variables Mecanismo Lesional\*SEXO.*

Recuento

	SEXO		Total
	Mujer	Hombre	
Mecanismo Lesional Sano	16	9	25
Traumático	58	23	81
Traumatismo caída	17	8	25
Degenerativa	11	2	13
Caída de mayor altura	16	3	19
Espontáneo	1	0	1
Accidente	0	1	1
Cargando peso	3	2	5
Total	122	48	170

El nivel utilizado para cuantificar la densidad global de HAP mediante el TAC GSI fue L2 (87,64%), excepto cuando dicha vértebra estaba fracturada que se utilizó la medición encontrada en el cuerpo vertebral de L3 esto sucedió en 21 pacientes (12,35%).

Los fármacos frecuentemente consumidos por los pacientes con fractura vertebrales fueron anticoagulantes, diuréticos de asa, antidiabéticos orales, betabloqueantes, IECAS, benzodiazepinas, estatinas, alfabloqueantes, ARA II, corticoides, inmunosupresores, levotiroxina.

*Tabla 20. Descriptivo variables FÁRMACOS\*SEXO.*

Recuento

	SEXO		Total
	Mujer	Hombre	
FÁRMACO Ningun fármaco	24	17	41
S Un fármaco	35	10	45
Dos fármacos	22	9	31
Tres fármacos	21	4	25
Cuatro fármacos	10	6	16

**Universidad de Valladolid**

Cinco fármacos	8	2	10
Seis fármacos	2	0	2
Total	122	48	170

Según la escala visual analógica (EVA) el dolor al momento de diagnosticar la fractura se situaba entre 1 y 9 puntos, sin relevancia significativa por el tipo o nivel de la fractura.

*Tabla 21. Descriptivo variables Escala Analógica\*SEXO. Primera valoración en consulta.*

Recuento

		SEXO		Total
		Mujer	Hombre	
Escala Analógica	EVA 0	16	10	26
	EVA 1	1	0	1
	EVA 2	12	5	17
	EVA 3	15	5	20
	EVA 4	12	4	16
	EVA 5	20	4	24
	EVA 6	12	5	17
	EVA 7	10	6	16
	EVA 8	11	5	16
	EVA 9	13	4	17
Total		122	48	170

Dentro de la variables del índice de fragilidad modificado 63 pacientes (38 mujeres y 13 varones) no tenían variables asociadas (tabla 20); 51 pacientes (23 mujeres y 6 varones) tenía 1 variable; y los 56 pacientes restantes presentaban 2 variables o más. Dentro de las variables, la HTA en tratamiento médico fue la más prevalente con 59,41%. En segundo lugar estuvo presente la DM y la Insuficiencia cardíaca congestiva 15,88%. La enfermedad vascular periférica estuvo presente en 11,17%, seguida por la enfermedad pulmonar obstructiva crónica o neumonía presente 10,58%, no existiendo diferencias significativas en cuanto a la distribución según el sexo en cada variable estudiada pero si, entre la presencia o ausencia de fracturas previas y el número de patologías que

## Universidad de Valladolid

presentaban los pacientes, con un p-valor =0,001 menor que 0,05 (ver tabla 18). Merece la pena mencionar que no se tomó en consideración la presencia de 2 o más variables del índice de fragilidad modificado como factor de exclusión a la hora de ofrecer un tratamiento definitivo (Figura 27).

Se consideró el dolor incapacitante o criterios de inestabilidad de la FV para ofrecer tratamiento quirúrgico; en estos pacientes 9 (30%) se trataron de manera conservadora (ya que rechazaron el tratamiento quirúrgico por motivos personales), 5 (2,9%) se trataron mediante cifoplastia/vertebroplastia, 6 (3,5%) mediante cifoplastia + artrodesis, 1 (0,6%) mediante artrodesis, 35 (20,65) con cifoplastia, 2 (1,2%) con vertebroplastia y 1 (0,6%) falleció antes de ofrecerle tratamiento quirúrgico, finalmente quedaron 96 (56,5%) pacientes con tratamiento conservador. En el grupo de pacientes a los cuales se les realizó cifoplastia/vertebroplastia, se obtuvo un EVA medio de 2,4 puntos; 1,46 puntos; 1,06 puntos y 0,95 puntos al 1er, 3ero, 6º y 12º mes respectivamente (tabla 1, 2, 3, 4 Anexo C).

Tabla 22. Descriptivos Variables del Índice de Fragilidad Modificado\*SEXO.

Recuento		SEXO		Total
		Mujer	Hombre	
Variables del Índice de Fragilidad Modificado	Ninguna	42	21	63
	Una patología	38	13	51
	Dos patologías	23	6	29
	Tres patologías	6	3	9
	Cuatro patologías	7	1	8
	Cinco patologías	3	3	6
	Seis patologías	3	1	4
Total	122	48	170	

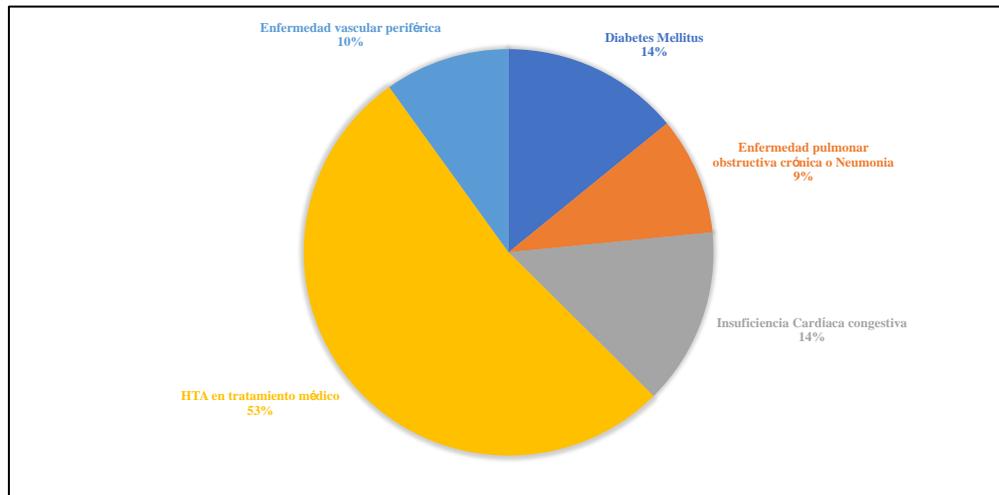


Figura 42. Variables del Índice de Fragilidad Modificado prevalentes.

Tabla 23. Descriptivo variable Tratamiento.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Sano	25	14,7	14,7	14,7
Conservador	96	56,5	56,5	71,2
Cifoplastia	35	20,6	20,6	91,8
Vertebroplastia	2	1,2	1,2	92,9
Artrodesis	1	,6	,6	93,5
Cifoplastia + Artrodesis	6	3,5	3,5	97,1
Cifoplastia + Vertebroplastia	5	2,9	2,9	100,0
Total	170	100,0	100,0	

Seguidamente se muestran los resultados de las variables categóricas TAC GSI, RMN y Conclusión CV en la muestra N=170.

Respecto al diagnóstico por imagen a través de RMN de los 145 registros reportados con edema en comparación con el TAC GSI el 100% de ellos fueron clasificados como fracturas agudas, agudas/subagudas; los 22 pacientes restantes (15,17%) que fueron reportados sin edema óseo el 100% de ellos en el estudio del TAC GSI reporto como crónica.

Tabla 24. Frecuencia variable RMN N=170.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Sano	24	14,1	14,1	14,1
	Agudo	65	38,2	38,2	52,4
	SubAgudo	30	17,6	17,6	70,0
	A/SA	29	17,1	17,1	87,1
	C	22	12,9	12,9	100,0
	Total	170	100,0	100,0	

Tabla 25. Frecuencia variable TAC GSI N=170.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Sano	22	12,9	12,9	12,9
	Edema	125	73,5	73,5	86,5
	No edema	23	13,5	13,5	100,0
	Total	170	100,0	100,0	

Según la DXA en los pacientes con fractura vertebral, 69 de ellos (47,58%) presentaron osteopenia en fémur cuello de los cuales 19 varones (27,53%) y 51 mujeres (73,91%); mientras que 49 de ellos (33,79%) presentaron osteoporosis, siendo 36 varones (73,46%) y 14 mujeres (28,57%). En la medición del fémur total, 73 pacientes (50,34%) presentaron osteopenia, de los cuales fueron 20 varones (27,39%) y 54 mujeres (73,97%). Mientras que 40 de ellos (27,58%) presentaron osteoporosis, correspondiendo a 11 varones (27,5%) y 30 fueron mujeres (75%). En la medición de la Columna vertebral se obtuvo 51 pacientes con osteopenia (35,17%), de los cuales 14 fueron varones (27,45%) y 39 mujeres (76,47%). Mientras que 48 de ellos presentaron osteoporosis (33,10%) siendo 43 varones (89,58%) y 6 mujeres (12,5%). Al momento del diagnóstico de

## Universidad de Valladolid

osteoporosis sólo 10 pacientes (6,8%), en su totalidad mujeres, tenían tratamiento para la osteoporosis con calcio y vitamina D.

La investigación que se presenta tiene como tema central la presencia de osteoporosis y osteopenia en pacientes de la muestra de estudio, su diagnóstico con diferentes medios (Rx, RMN, TAC GSI y DXA) para estimar si TACGSI puede diagnosticarla tal como lo hace DXA y RMN. Igualmente estudiar su relación con otras variables asociadas como lo son las descritas en los párrafos precedentes (cantidad de fármacos, patologías (IFm), IMC, sexo, edad, fracturas previas, vértebra fracturada y densidad global tanto de hidroxiapatita (HAP) como wáter contenida en la vértebra medida y en sus regiones de interés. También al diagnosticar la presencia de la enfermedad decidir su tratamiento, evolución y el grado de satisfacción de los pacientes tratados con ellos. En consecuencia, una vez estudiado el comportamiento de la muestra descrita se procede a mostrar los resultados de la variable Conclusión CV (presencia de osteoporosis u osteopenia, normal), TAC GSI y RMN en los 170 pacientes.

Tabla 26. Descriptivo variables Conclusión DXA CV\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Conclusión CV	Normal	Recuento	32	28	60
		% dentro de SEXO	26,2%	58,3%	35,3%
	Osteopenia	Recuento	42	14	56
		% dentro de SEXO	34,4%	29,2%	32,9%
	Osteoporosis	<b>Recuento</b>	<b>48</b>	<b>6</b>	<b>54</b>
		<b>% dentro de SEXO</b>	<b>39,3%</b>	<b>12,5%</b>	<b>31,8%</b>
Total		Recuento	122	48	170
		% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%

## Universidad de Valladolid

Los resultados indican que 54 (31,8%) pacientes (48 mujeres y 6 varones) tienen osteoporosis y 56 (32,9%) osteopenia (42 mujeres y 14 varones) (Figura 30).

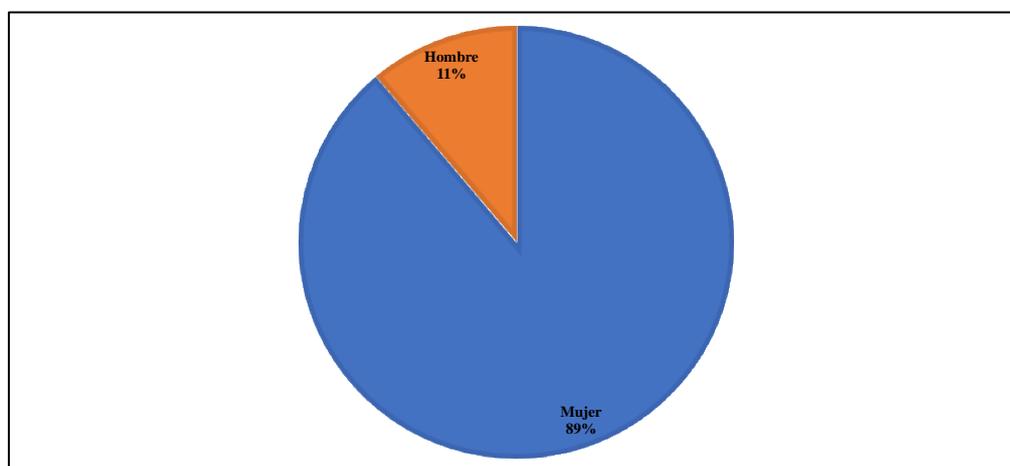


Figura 43. Porcentajes de pacientes con DXA según sexo.

A través de RMN se reportan 65 (38,2%) sujetos (49 mujeres y 16 varones) con fractura aguda seguida de fractura subaguda en 53 (31,2%) pacientes (38 mujeres y 15 varones). Tac GSI reporta 125 (73,3%) sujetos (94 mujeres y 31 varones) con edema y 23 (13,5%) con no edema (14 mujeres y 9 varones). (Figura 29)

Tabla 27. Descriptivo variables RMN\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
RMN SA	<b>Recuento</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	
	% dentro de SEXO	13,1%	16,7%	14,1%	
A	Recuento	49	16	65	
	% dentro de SEXO	40,2%	33,3%	38,2%	
sano	Recuento	21	9	30	
	% dentro de SEXO	17,2%	18,8%	17,6%	
A/SA	<b>Recuento</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>29</b>	
	% dentro de SEXO	18,0%	14,6%	17,1%	
C	Recuento	14	8	22	
	% dentro de SEXO	11,5%	16,7%	12,9%	
Total	Recuento	122	48	170	
	% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%	

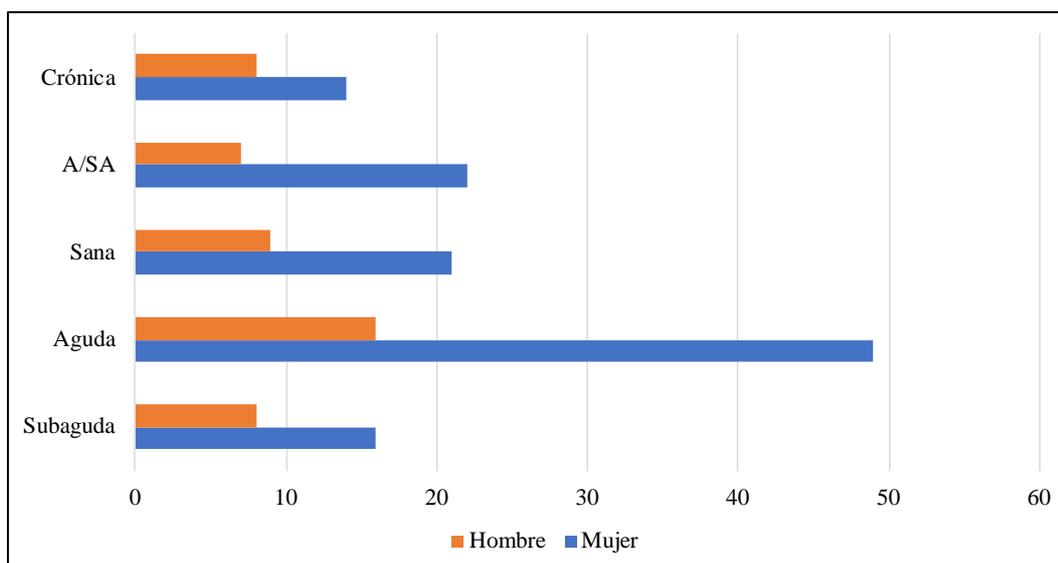


Figura 44. Resultados de RMN según sexo.

Tabla 28. Descriptivo variables TAC GSI\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Tac GSI	Sano	Recuento	14	8	22
		% dentro de SEXO	11,5%	16,7%	12,9%
	Edema	Recuento	94	31	125
		% dentro de SEXO	77,0%	64,6%	73,5%
	No edema	Recuento	14	9	23
		% dentro de SEXO	11,5%	18,8%	13,5%
Total		Recuento	122	48	170
		% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%

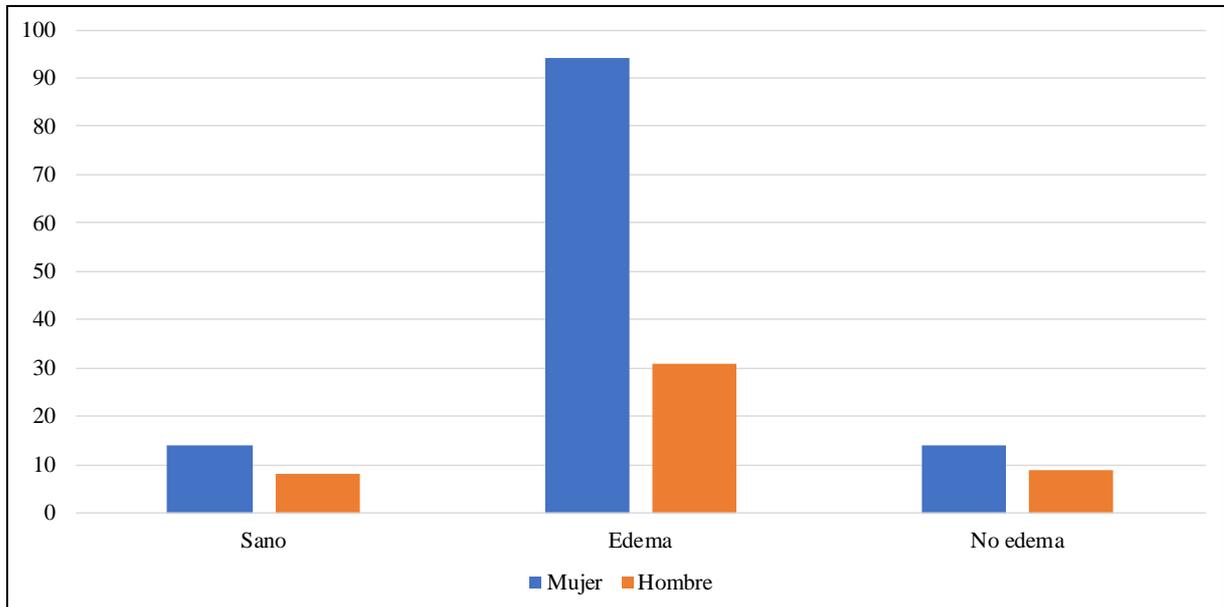


Figura 45. Resultados TAC GSI según sexo.

Según los objetivos del estudio, la muestra se ha dividido primeramente en dos subgrupos (145 que presentaron fracturas y 25 sin fracturas). Luego diagnosticados y al aplicar tratamiento, los 170 sujetos de la muestra se dividen en dos subgrupos: 96 (74 mujeres y 22 varones) con tratamiento conservador y 49 (32 mujeres y 17 varones) con tratamiento quirúrgico en las 5 categorías (cifoplastia, vertebroplastia, artrodesis, artrodesis + cifoplastia, cifoplastia + vertebroplastia).

### 5.1.2 MUESTRA N=25

Descripción de la muestra N=25 (sanos, sin fracturas vertebral). De los 170 pacientes observados, entrevistados y que aceptaron participar voluntariamente en la investigación se seleccionaron 25 que acudieron al servicio de columna, cuyas características se detallan a continuación en las diferentes variables cuantitativas (Escala de estudio). El promedio de densidad total HAP y wáter es de 972,34 mg/cm<sup>3</sup> y 108,13 respectivamente. 16 (64%) son mujeres y 9 (36%) varones con un promedio de edad de 59 años y desviación de 14,380. La edad mínima es 34 y la máxima 79 años. El peso promedio es 76,360 Kg con desviación de 6,3106. El IMC promedio fue de 27,43, con un

## Universidad de Valladolid

valor mínimo de 23,80 y máximo de 33,98, desviación 2,386. Finalmente, la talla promedio es de 1,66 m, desviación 0,0364 (Figura 41).

Tabla 29. Estadísticos descriptivos N=25.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
EDAD	25	34	79	59,12	14,380
Peso	25	63,0	94,0	76,360	6,3106
Talla (metros)	25	1,60	1,75	1,6680	,03640
IMC	25	23,809	33,984	27,43947	2,386705
DENSIDAD TAC GLOBAL (mg/cm <sup>3</sup> ) HAP	25	946,60	1112,00	972,3484	30,87397
TAC 1B HAP	25	945,3	1124,0	967,780	34,2450
TAC 2A HAP	25	952,7	1154,0	975,316	38,4894
TAC 2B HAP	25	940,0	1098,0	971,884	28,4201
TAC 3A HAP	25	943,6	1163,0	976,756	40,5295
TAC 3B HAP	25	941,5	1079,0	969,816	25,7352
DENSIDAD TAC GLOBAL (mg/cm <sup>3</sup> ) Water	25	64,080	149,800	108,13000	25,561902
TAC 1A Water	25	65,22	168,30	112,2284	33,91088
TAC 1B Water	25	11,80	203,00	110,1208	44,59968
TAC 2A Water	25	47,05	145,90	103,7160	27,41096
TAC 2B Water	25	53,69	160,30	104,3040	31,10577
TAC 3A Water	25	28,73	145,80	105,4404	27,26900
TAC 3B Water	25	60,68	153,00	114,5712	27,80343
N válido (por lista)	25				

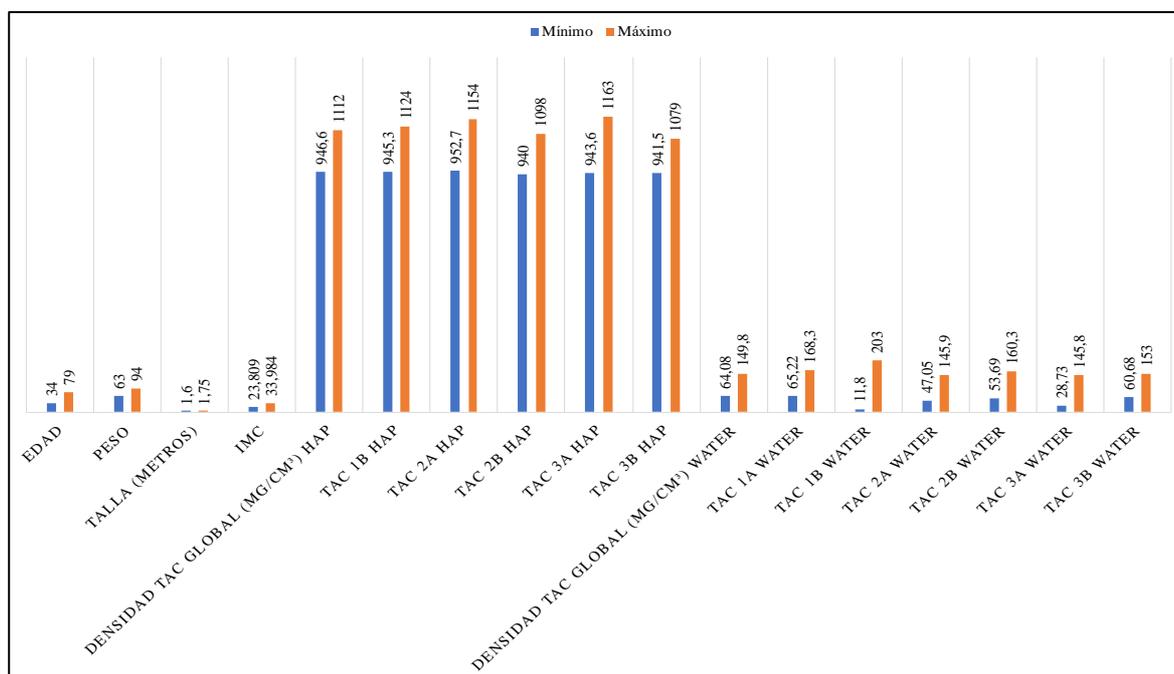


Figura 46. Valores obtenidos en la estadística descriptiva N=25.

A continuación los resultados de las variables categóricas: Conclusión CV, RMN, TAC GSI, vértebras fracturadas, IMC, IFm, fracturas previas, mecanismo lesional, medición, tipo de fractura según AO.

Tabla 30. Frecuencia Conclusión CV N=25.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Normal	15	60,0	60,0	60,0
	Osteopenia	5	20,0	20,0	80,0
	Osteoporosis	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Tabla 31. Frecuencia TAC GSI N=25.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Sano	22	88,0	88,0	88,0
	Edema	2	8,0	8,0	96,0
	No edema	1	4,0	4,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Tabla 32. Frecuencia RMN N = 25.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Sano	25	100	100	100
	Total	25	100,0	100,0	

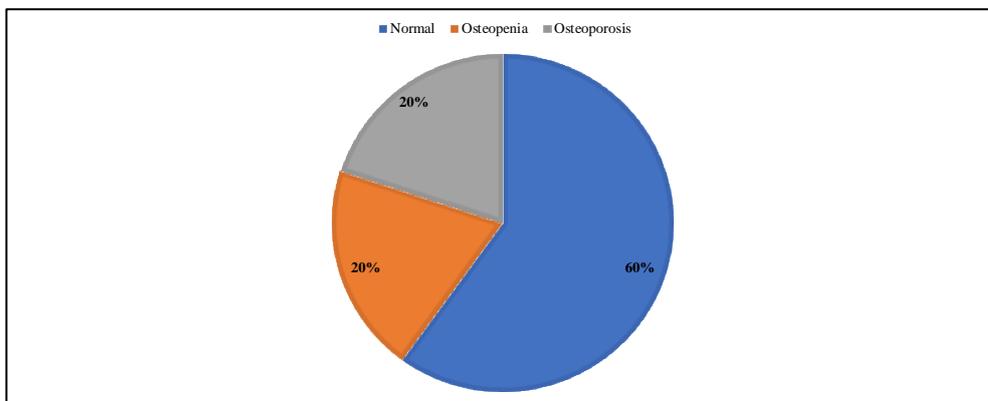


Figura 47. Resultados de DXA en pacientes del grupo control, N=25.

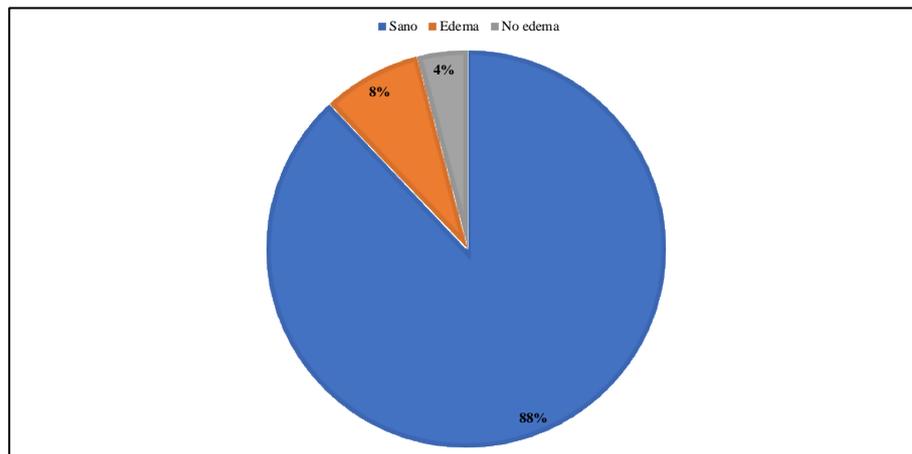


Figura 48. Resultados de RMN en pacientes del grupo control, N =25.

En el grupo de pacientes sin fractura vertebral, 11 de ellos (44%) tenían osteopenia en fémur cuello, de los cuales fueron 3 varones (27,27%) y 8 mujeres (72,72%). En la medición de fémur total 10 pacientes (40%) presentaron osteopenia de los cuales 2 eran varones (20%) y 8 mujeres (80%). Finalmente, en la medición de columna vertebral 5

## Universidad de Valladolid

pacientes (20%) presentaron osteopenia de los cuales 2 fueron varones (40%) y 3 mujeres (60%), así mismo 5 presentaron osteoporosis (20%) (Figura 42).

Al momento del diagnóstico, el 100% de los pacientes no tenía tratamiento para la osteopenia.

Los resultados reportados por TAC GSI indican que 2 pacientes tenían edema y 1 no edema. Según RMN, los 25 fueron reportados sanos y esos 25 no presentó vértebras fracturadas, ni mecanismo lesional (Figura 43).

*Tabla 33. Descriptivo Variables del Índice de Fragilidad Modificado\*SEXO.*

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Variables del Índice de Fragilidad Modificado	Ninguna	Recuento	12	8	20
		% dentro de SEXO	75,0%	88,9%	80,0%
	Una patología	Recuento	2	0	2
		% dentro de SEXO	12,5%	0,0%	8,0%
	Dos patologías	Recuento	2	0	2
		% dentro de SEXO	12,5%	0,0%	8,0%
Tres patologías	Recuento	0	1	1	
	% dentro de SEXO	0,0%	11,1%	4,0%	
Total	Recuento	16	9	25	
	% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%	

*Tabla 34. Descriptivo FRACTURAS PREVIAS\*SEXO.*

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
FRACTURAS PREVIAS Sin Fracturas previas	Recuento	16	9	25	
	% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%	
Total	Recuento	16	9	25	
	% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%	

Tabla 35. Descriptivo variables FÀRMACOS\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
FÀRMACOS	Ningún fármaco	Recuento	9	5	14
		% dentro de SEXO	56,3%	55,6%	56,0%
	Un fármaco	Recuento	4	2	6
		% dentro de SEXO	25,0%	22,2%	24,0%
	Dos fármacos	Recuento	2	1	3
		% dentro de SEXO	12,5%	11,1%	12,0%
	Tres fármacos	Recuento	1	0	1
		% dentro de SEXO	6,3%	0,0%	4,0%
	Cuatro fármacos	Recuento	0	1	1
		% dentro de SEXO	0,0%	11,1%	4,0%
	Total	Recuento	16	9	25
		% dentro de SEXO	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 36. Descriptivo variables Escala Analógica\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Escala Analógica EVA 0	Recuento		16	9	25
	% dentro de SEXO		100,0%	100,0%	100,0%
Total	Recuento		16	9	25
	% dentro de SEXO		100,0%	100,0%	100,0%

Tabla 37. Descriptivo variables Nivel medido\*SEXO.

			SEXO		Total
			Mujer	Hombre	
Nivel medido L2	Recuento		14	9	23
	% dentro de SEXO		87,5%	100,0%	92,0%
L4	Recuento		2	0	2
	% dentro de SEXO		12,5%	0,0%	8,0%
Total	Recuento		16	9	25
	% dentro de SEXO		100,0%	100,0%	100,0%

## Universidad de Valladolid

Ningún paciente presentó alguna vértebra fracturada ni alguna fractura previa. 20 de estos pacientes no presentó alguna patología, los otros 5 hasta 3 patologías. De ellos 14 no toman ningún fármaco los otros 11 toman hasta 4 fármacos. Ninguno reflejó sentir dolor (EVA).

### 5.1.3 ESTADÍSTICA INFERENCIAL: Relaciones entre variables y descripción del comportamiento de la muestra.

Seguidamente se muestran los resultados que arrojan las pruebas estadísticas que analizaron las relaciones entre la variable fracturas previas y fármacos, RMN, DXA CV, TAC GSI, Densidad Global TAC HAP, Densidad Global TAC wáter y Conclusión CV.

### 5.1.4 Correlación entre la variable fractura vertebral previa y otras

Análisis de los dos grupos que se han clasificado según tengan (28 pacientes de 145) o no fracturas vertebrales (25 pacientes) según los resultados de los estudios TAC GSI, DXA y RMN. El nivel utilizado para cuantificar la densidad global de HAP mediante el TAC GSI fue L2 (132 pacientes entre ambos grupos, 77,6%), excepto cuando dicha vértebra estaba fracturada que se utilizó la medición encontrada en el cuerpo vertebral de L3 esto sucedió en 21 pacientes (12,4%).

Según los resultados de la DXA en el grupo sin fractura vertebral se encontraron 15 pacientes normales, 5 con osteopenia y 5 con osteoporosis. En los obtenidos por protocolo TAC GSI, se tienen 22 sanos (88%), 2 con presencia de edema y 1 sin edema. Finalmente, los resultados de RMN indican que existen 25 sujetos sanos.

Es de hacer notar que de los pacientes que no tenían fracturas vertebrales previas (91 de 145), el estudio RMN mostró que 40 de ellos tenían fracturas agudas y con DXA 16 de esos se consideraban normales, 13 con osteopenia y 11 con osteoporosis. Entre los que sí tenían fracturas (28 de los 145) 12 tenían fracturas agudas y de éstos, el 50% tenía osteoporosis y dos osteopenia. De los pacientes que tenían otro tipo de fractura (26 de 145) considerados normales por DXA, 12 que se diagnosticaron normales con DXA, el estudio de RMN mostró que las fracturas agudas estuvo presente en 40 de ellos.

## Universidad de Valladolid

Para estudiar la relación entre fracturas previas\*IMC se aplicó el estadístico T para muestras relacionadas. En virtud de los resultados se podría inferir que existen diferencias significativas entre las medias de ambos grupos con  $p\text{-valor} = 0,000$  menor que  $\alpha = 0,05$ .

La media del índice de masa corporal de los pacientes con fracturas previas difiere del grupo que no posee fracturas previas. En las observaciones de las estadísticas descriptivas se puede observar que existen 65 pacientes con  $IMC \geq 30$  declarados con obesidad (Anexo D), de los cuales, 40 son mujeres.

Tabla 38. Prueba T para muestras independientes.

	Diferencias					t	gl	Sig bilateral
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
FRACTURAS PREVIAS - $IMC \geq 30$	,55357	1,33922	,10332	,34958	,75756	5,358	167	,000

Para estudiar la relación entre las variables fractura vertebral previa y cantidad de fármacos que consumen los pacientes de la muestra, se procedió a aplicar Prueba T para grupos independientes (Tabla 36). Asumiendo igualdad de varianza se puede concluir que el  $p\text{-valor} = 0.00$  es menor que  $\sigma = 0.05$  se puede inferir que la media de la cantidad del número de diferentes tipos de fármacos que toman los pacientes del grupo que posee fracturas vertebrales previas difiere a la media del grupo que no posee fracturas vertebrales previas. Es decir, hay diferencias significativas entre las dos variables.

Se puede ver la relación entre las fracturas vertebrales y su asociación con el consumo de fármacos pues se han encontrado diferencias significativas entre ambos grupos. El grupo sin fractura vertebral previa, 14 no toman ningún fármaco los otros 11 toman hasta 4 fármacos y del otro grupo, 52 de ellos toma más de tres fármacos, el resto menos de 2.

Tabla 39. Prueba de muestras independientes pacientes con y sin fracturas previas.

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilat)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
<b>FÀRMACOS</b>									
Se asumen varianzas iguales	<b>7,921</b>	<b>,007</b>	<b>3,900</b>	<b>51</b>	<b>,000</b>	<b>1,597</b>	<b>,410</b>	<b>,775</b>	<b>2,419</b>
No se asumen varianzas iguales			4,002	45,6	,000	1,597	,399	,794	2,401
<b>VARIABLES DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD MODIFICADO</b>									
Se asumen varianzas iguales	<b>13,019</b>	<b>,001</b>	<b>4,234</b>	<b>51</b>	<b>,000</b>	<b>1,604</b>	<b>,379</b>	<b>,844</b>	<b>2,365</b>
No se asumen varianzas iguales			4,393	39,2	,000	1,604	,365	,866	2,343

Dentro de los medicamentos, se vio reflejado la asociación de fracturas en aquellos pacientes que combinaban 2 o más grupos de medicamentos entre ellos betabloqueantes, IECAS, ARA II, diuréticos tiazídicos, diuréticos de asa, estatinas, anticoagulantes orales, corticoides, antidiabéticos orales, benzodiazepinas. Para estudiar esta relación se aplicó prueba t para grupos independientes.



## Universidad de Valladolid

En pacientes con fractura vertebral la densidad global medida de hidroxiapatita (HAP) está entre valores comprendidos de 840,5 mg/cm<sup>3</sup> hasta 1017 mg/cm<sup>3</sup>, con una media de 969,82 mg/cm<sup>3</sup> y desviación 20,976, mientras que la densidad global medida de Agua (Water) va desde 23,53 mg/cm<sup>3</sup> hasta 152,20 mg/cm<sup>3</sup>, con una media de 78,46 mg/cm<sup>3</sup> y desviación de 27,43. Mientras que en los pacientes sin diagnóstico de fractura vertebral la densidad global medida de HAP está entre valores comprendidos de 946,6 mg/cm<sup>3</sup> hasta 1112 mg/cm<sup>3</sup>, con una media de 972,24 mg/cm<sup>3</sup> y desviación de 30,87, mientras que la densidad global medida de Water va desde 64,08 mg/cm<sup>3</sup> hasta 149,8 mg/cm<sup>3</sup>, con una media de 108,19 mg/cm<sup>3</sup> y desviación de 25,56.

Para estudiar la relación entre las variables DXA, TAC GSI y RMN en pacientes con y sin fracturas previas se aplicó Prueba T para grupos independientes, con un intervalo de confianza de 95% y nivel de significancia de  $\sigma = 0,05$ .

En la relación entre las variables DMO\*fracturas previas y asumiendo igualdad de varianza los resultados indican que con el valor p-valor= 0.397 mayor que  $\sigma = 0.05$  se puede inferir que la media de la densidad mineral ósea reportada por DXA en el grupo sin facturas vertebrales previas es igual al grupo de pacientes que si poseen fracturas vertebrales previas.

Para las variables Densidad Global Total Water\*fracturas previas y no asumiendo igualdad de varianza se puede concluir que con el p-valor = 0,000 menor que  $\sigma = 0.05$  se infiere que la media de la cantidad de agua medida en el cuerpo vertebral reportada por TAC GSI water del grupo que posee fracturas vertebrales previas difiere a la media del grupo que no posee fracturas vertebrales previas.

Para las variables Densidad Global Total HAP\*fracturas previas y asumiendo igualdad de varianza se puede concluir que con el p-valor= 0,494 mayor que  $\sigma = 0.05$  se infiere que la media de la densidad global HPA reportada por TAC GSI en el grupo sin facturas vertebrales previas es igual al grupo de pacientes que si poseen fracturas vertebrales previas. A continuación imágenes que apoyan los resultados.

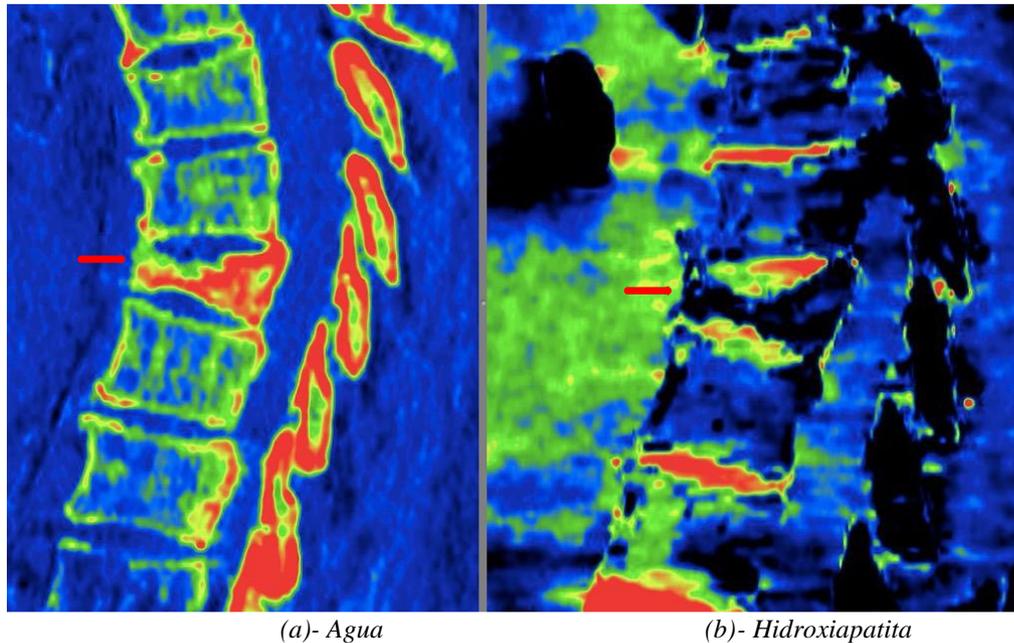


Figura 49. Corte Sagital TAC con estudio espectral-GSI donde se identifica alteración de la densidad del cuerpo vertebral L1, comparación de materiales Agua (a)- Hidroxiapatita (b), sugestivo de cambios por esclerosis, evolución crónica.

Para las variables RMN\*fracturas previas y asumiendo igualdad de varianza se puede concluir que el  $p$ -valor = 0.00 es menor que  $\sigma = 0.05$  se puede inferir que la variable tipo de fractura (crónica, aguda, subaguda) del cuerpo vertebral reportada por RMN difiere de la variable fracturas vertebrales previas. Es decir, hay diferencias significativas entre las variables. A continuación, se muestra imágenes que corroboran este resultado.



Figura 50. RMN lumbar. Corte sagital imagen en T2, donde se evidencia edema óseo en cuerpo vertebral de L4 en relación con una fractura aguda.



*Figura 51. RMN Corte Sagital. T2 Líneas azules: Fractura aplastamiento de cuerpo vertebral T10, T11 sin edema en dichos cuerpos vertebrales, en relación con fractura crónica. Líneas rojas: se evidencia fractura aplastamiento de cuerpos vertebrales L2 y L3, evidenciándose edema, en relación con fractura aguda.*

Para las variables TAC GSI\*fracturas previas y asumiendo igualdad de varianza se puede concluir que el  $p$ -valor = 0.00 es menor que  $\sigma = 0.05$  se puede inferir que la variable presencia de agua (edema, no edema, sano) del cuerpo vertebral reportada por TAC GSI difiere significativamente de la variable fracturas vertebrales previas. Es decir, hay diferencias significativas entre las dos variables. A continuación, imágenes que apoyan estos resultados.

### 5.1.5 Correlación de la variable Conclusión Cv y otras

Seguidamente se procede a estudiar la variable Conclusión CV que recoge los datos sobre presencia o ausencia de osteoporosis y osteopenia, temática central del trabajo que se presenta y su relación son las variables vértebras fracturadas, fracturas previas, RMN, DMO CV, TAC GSI y Densidad Global HAP y Wáter. Para estudiar la relación entre las variables vértebra fracturada\*ConclusiónCV, se aplicó tabla de contingencia, estadístico Spearman. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre ambas variables con  $p$ -valor= 0,001 menor que  $\sigma = 0,005$ .

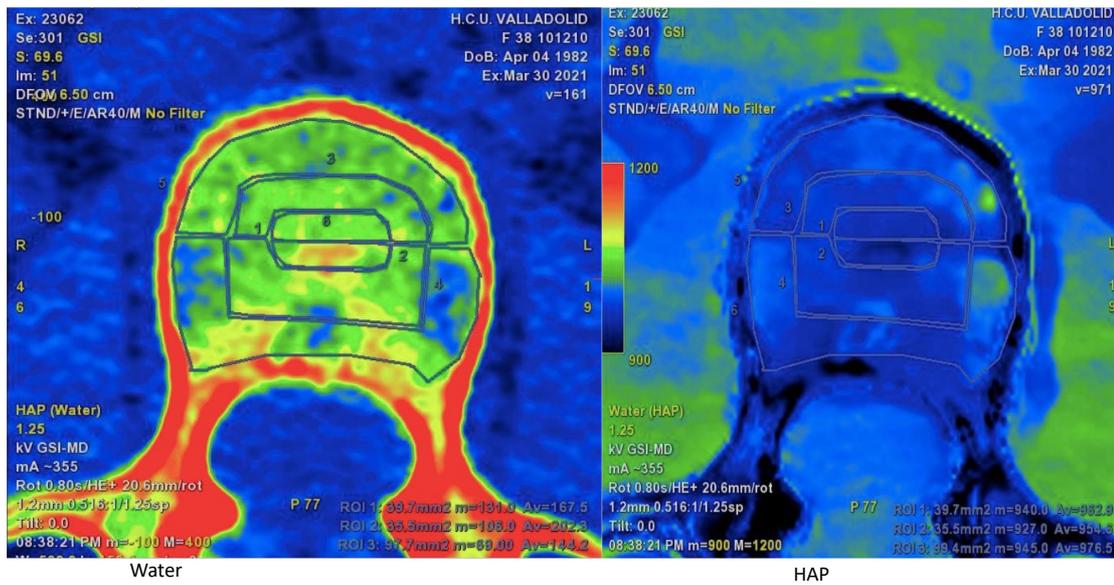


Figura 52. Corte Axial de Cuerpo vertebral, comparativa de estudio TAC GSI para valorar las ROI del cuerpo vertebral de L2, en un paciente que tiene fractura vertebral de D12, se aprecia las densidades en las ROI 1,2 y 3 de ambas ventanas.

Tabla 40. Descripción variables Vertebrae Fracturadas\*Conclusión CV (DXA).

		Conclusión CV			Total
		Normal	Osteopenia	Osteoporosis	
Vertebrae Fracturadas	Sano	15	5	5	25
	L	31	30	21	82
	T	10	15	21	46
	T + L	2	2	3	7
	L Crónica	1	2	0	3
	L A	1	0	0	1
	T Crónica	0	2	3	5
	L C A	0	0	1	1
Total		60	56	54	170



Tabla 41. Medidas simétricas.

		Valor	Error estandarizado asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	,208	,068	2,759	,006 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	<b>Correlación de Spearman</b>	<b>,262</b>	<b>,074</b>	3,512	,001 <sup>c</sup>
Total		170			

Para estudiar la relación entre Conclusión CV\*Sexo se aplicó Tabla de contingencia estadístico Pearson y Spearman.

Recuento		Conclusión CV			Total
		Normal	Osteopenia	Osteoporosis	
SEXO	Mujer	32	42	48	122
	Hombre	28	14	6	48
	Total	60	56	54	170

*Tabla 42. Medidas simétricas.*

		Valor	Error estandarizado o asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	-,324	,068	-4,444	,000 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	-,325	,068	-4,453	,000 <sup>c</sup>
N de casos válidos		170			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

En virtud de los resultados se puede inferir que existen diferencias significativas entre las variables (pacientes de diferente sexo y padecimiento de la enfermedad: osteopenia y osteoporosis) con un p-valor=0,000 y menor que 0,05.

En el recuento de los casos se puede observar que de los 54 pacientes osteoporóticos, 48 son mujeres. Así mismo, de los 56 con osteopenia, 42 son mujeres. En el análisis gráfico mostrado por weka se observa que las enfermedades se distribuyen en igual proporción para ambos sexos. Sin embargo, la mayor presencia de ambas enfermedades se encuentra en las mujeres y casi la misma proporción diagnosticados normales (color azul) en ambos (32 mujeres, 28 hombres).

**Universidad de Valladolid**

Tabla 43. Prueba de muestras independientes.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
		F	Sig.	t	gl			
DENSIDAD TAC GLOB (mg/cm <sup>3</sup> ) Water	Se asumen varianzas iguales	,072	,789	-5,512	51	,000	-40,8303	7,407160
	<b>No se asumen varianzas iguales</b>			-5,542	50,976	<b>,000</b>	-40,8303	7,367364
RMN	Se asumen varianzas iguales	43,77	,000	<b>9,451</b>	51	<b>,000</b>	1,924	,204
	No se asumen varianzas iguales			9,968	29,410	,000	1,924	,193

Para estudiar la relación edad\*sexo y edad\*conclusión CV, se aplicaron tablas cruzadas.

Tabla 44. Descripción variables Edad\*conclusión CV.

Recuento		Conclusión CV			Total
		Normal	Osteopenia	Osteoporosis	
EDAD_60	1,00	12	6	2	20
	2,00	9	11	17	37
	3,00	26	20	14	60
	4,00	13	19	<b>21</b>	53
Total		60	56	54	170

1: 34-60 años 2: 61-70 años 3: 71-80 años 4: 81-100 años

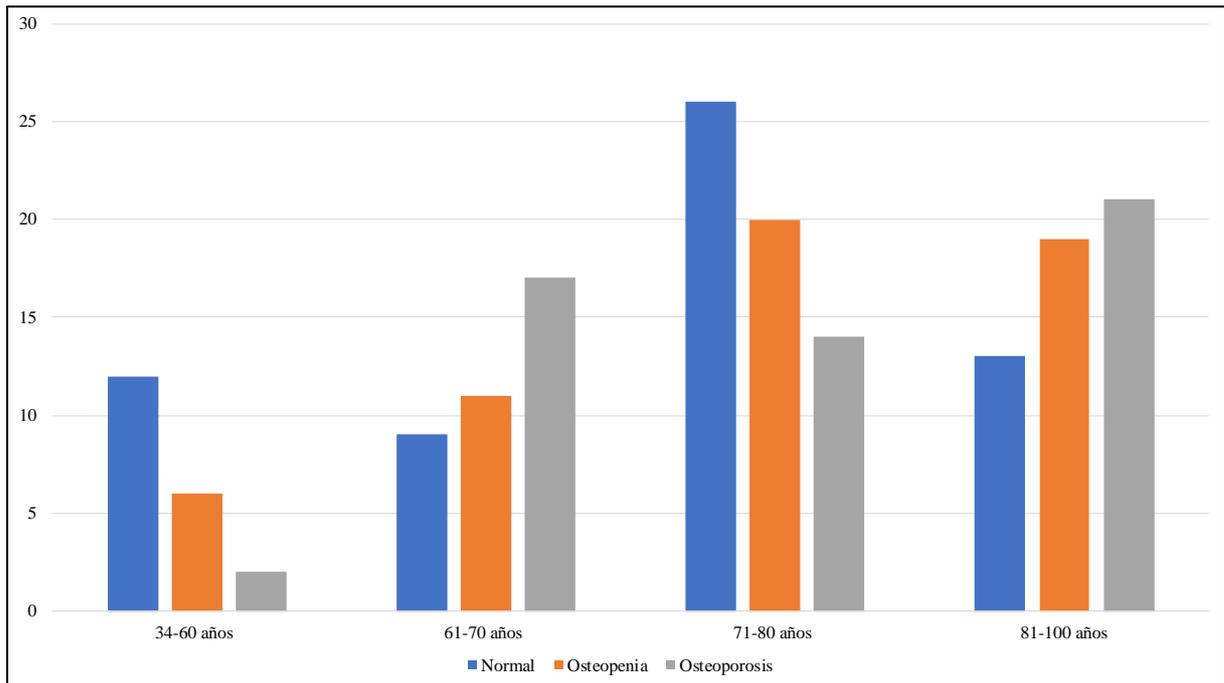


Figura 53. Relación de Edad/Sexo con resultados obtenidos en la medición de la DMO de CV..

Se puede observar, que la mayor cantidad de pacientes con osteoporosis (21 de los 54) se encuentran en las edades entre 81 y 100 años, pero con osteopenia se encuentran entre 71 a 100 años (39) de los 56. No se encontró asociación entre ambas variables con  $p\text{-valor}=0,114$  mayor que 0,05. Análogamente, se puede observar que, en la muestra, casi la mitad (60) de la misma tiene edades entre 71 y 80 años, de las cuales 48 son mujeres y 12 varones.

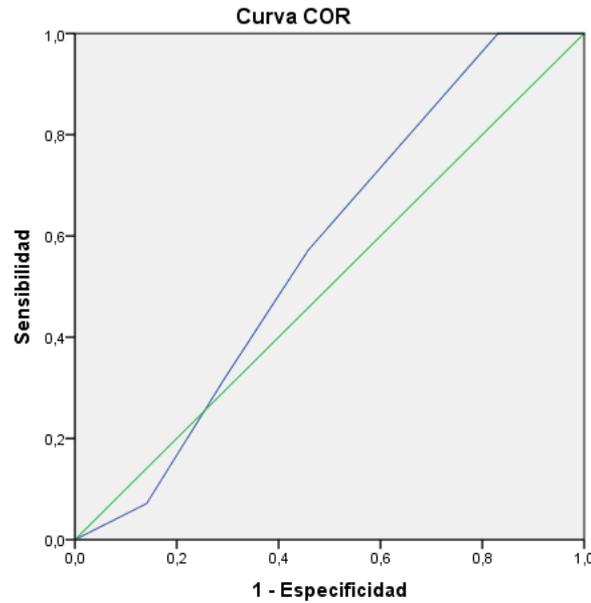
Tabla 45. Edad\*sexo.

Recuento		SEXO		Total
		Mujer	Hombre	
EDAD_60	1,00	8	12	20
	2,00	29	8	37
	3,00	48	12	60
	4,00	37	16	53
Total		122	48	170

1: 34-60 años 2: 61-70 años 3: 71-80 años 4: 81-100 años

### 5.1.6 Análisis de las variables TAC GSI y RMN en la muestra de estudio

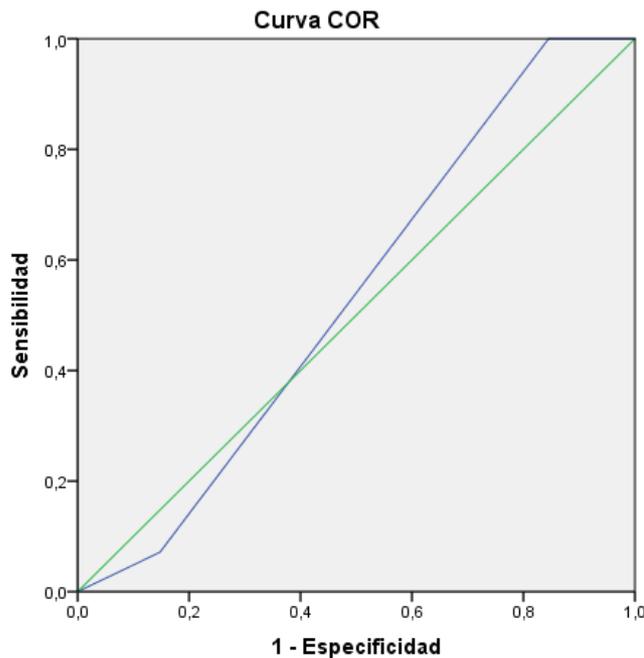
Para ver la relación entre TAC-GSI y RMN se procedió a aplicar curva Cor (Estadístico C). Se puede observar que el área bajo la curva (AUC) en ambas son similares, en concordancia con los resultados de Pache y colaboradores (2010).



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Área RMN:0,570

Figura 54. Curva COR de los resultados de RMN.



Área  
TAC-GSI=  
0,505

Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

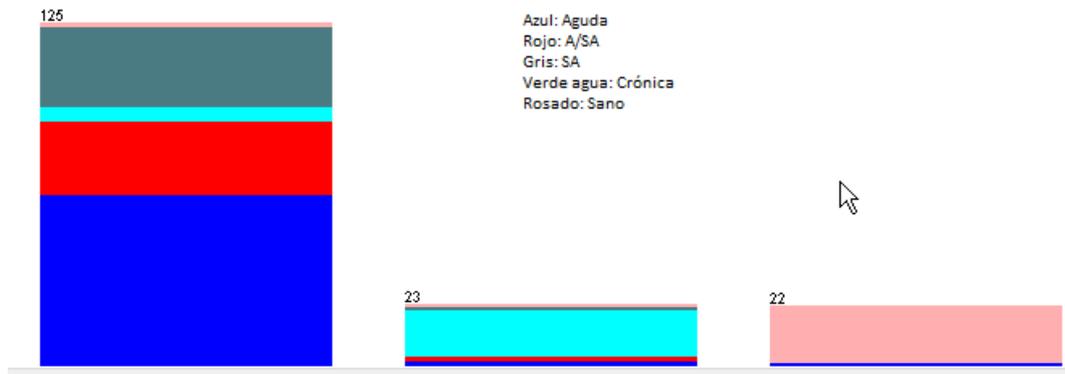
Figura 55. Curva COR de los resultados de TAC GSI.

## Universidad de Valladolid

Seguidamente se muestra el análisis gráfico de las dos variables a través del software Weka.

Name: TacGSI		Type: Nominal	
Missing: 0 (0%)		Distinct: 3	
		Unique: 0 (0%)	
No.	Label	Count	Weight
1	Edema	125	125
2	No_edema	23	23
3	Sano	22	22

Class: RMN (Nom) Visualize All



Fuente: Elaboración propia, octubre 2022

Se puede observar que aproximadamente más del 50% de los 125 pacientes que presentan edema tienen fractura aguda y un 48% aguda/subaguda. De los 23 pacientes que no presentan edema, aproximadamente 19 poseen fracturas crónicas y de los 22 reportados sanos, solo un 1% presenta fractura aguda. Corroborando con ello que TAC GSI puede diagnosticar tipo de fractura tal como lo hace RMN.

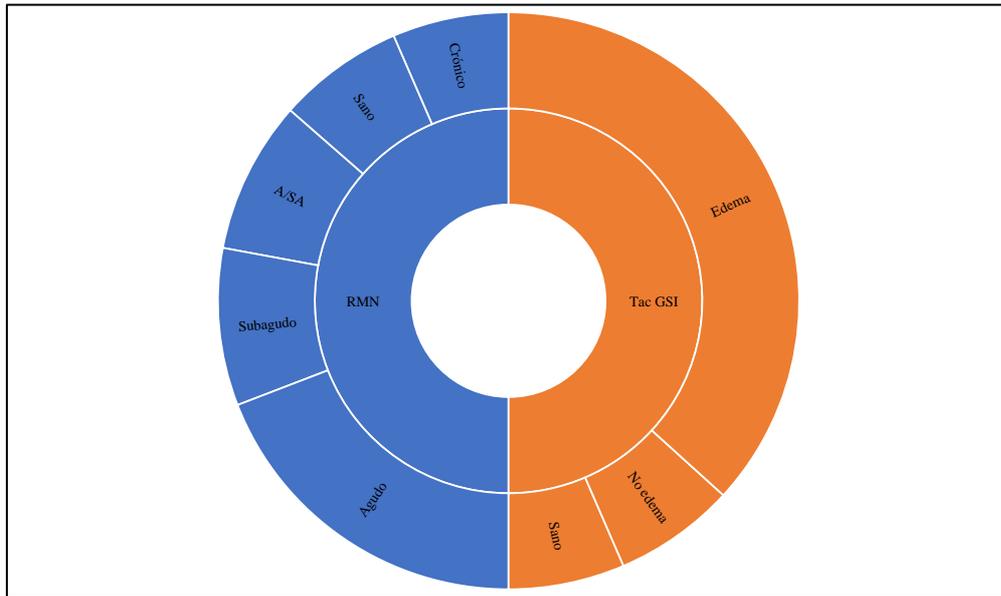


Figura 56. Comparativa de resultados obtenidos en RMN vs TAC GSI, en el análisis de FV..

**5.1.7 Estudio del grado de satisfacción y evolución de los pacientes a la aplicación de los tratamientos conservador y quirúrgico.**

Luego de realizar el diagnóstico, pruebas, entrevistas y cuestionarios, se decide estudiar el tipo de tratamiento a aplicar. Se describen los pacientes según edad, IMC, Conclusión CV (osteoporosis, osteopenia y normal), IFm, fracturas previas y tipo de tratamiento.

Al estudiar la relación fracturas previas\*tratamiento se realizó prueba de correlación de Spearman. Los resultados evidencian que existen diferencias significativas entre ambos grupos con p-valor= 0,006 menor que 0,05.

Tabla 46. Asociación variables Tratamiento\* Fracturados.

Recuento	Tratamiento						Total
	Sano	Con servador	Cifo plast ia	Verte bropl astia	Ar Tro desis	Cifopla stia + Artrode sis	
							Total

**Universidad de Valladolid**

Fracturados	no	0	66	19	2	1	2	1	91
	si	0	13	10	0	0	2	3	28
	Sanos	25	0	0	0	0	0	0	25
	otro	0	17	6	0	0	2	1	26
Total		25	96	35	2	1	6	5	170

Tabla 47. Medidas simétricas.

		Valor	Error estandarizado asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	-,084	,079	-1,096	,275 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	<b>Correlación de Spearman</b>	<b>-,208</b>	<b>,079</b>	<b>-2,759</b>	<b>,006<sup>c</sup></b>
N de casos válidos		170			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

Tabla 48. Relación variables EDAD\_Intervalos\*Conclusión CV\*Tratamiento.

Recuento

Tratamiento	EDAD_Intervalos		Conclusión CV			Total
			Normal	Osteopenia	Osteoporosis	
Sano	EDAD_Intervalos	1,00	9	2	0	11
		2,00	3	1	3	7
		3,00	3	2	2	7
	Total	15	5	5	25	
Conservador	EDAD_Intervalos	1,00	1	2	0	3
		2,00	3	7	12	22
		3,00	15	12	6	33
	4,00	9	13	16	38	
Total	28	34	34	96		
Cifoplastia	EDAD_Intervalos	1,00	2	1	2	5
		2,00	0	3	2	5
		3,00	4	6	4	14

## Universidad de Valladolid

		4,00	2	4	5	11
	Total		8	14	13	35
Vertebroplastia	EDAD_Intervalos	3,00	0		1	1
		4,00	1		0	1
	Total		1		1	2
Artrodesis	EDAD_Intervalos	3,00	1			1
	Total		1			1
Cifoplastia + Artrodesis	EDAD_Intervalos	1,00	0	1	0	1
		2,00	3	0	0	3
		3,00	0	0	1	1
		4,00	0	1	0	1
	Total		3	2	1	6
Cifoplastia + Vertebroplastia	EDAD_Intervalos	3,00	3	0		3
		4,00	1	1		2
	Total		4	1		5
Total	EDAD_Intervalos	1,00	12	6	2	20
		2,00	9	11	17	37
		3,00	26	20	14	60
		4,00	13	19	21	53
	Total		60	56	54	170

1:34-60 años 2: 61-70 años 3: 71-80 años 4: 81-100 años

De un total de 170 pacientes estudiados se divide la muestra en dos grupos: un grupo que recibe tratamiento conservador, 96 (56,5%), 9 de ellos no aceptaron tratamiento quirúrgico; 74 mujeres y 22 varones y el otro grupo tratamiento quirúrgico (N= 49). De estos últimos, 25 no presentaban fracturas previas y 15 si presentaban. De los pacientes que presentaban fracturas que no eran vertebrales, se seleccionaron 9.

Respecto al tratamiento para la fractura vertebral 96 pacientes (66,20%) se trató de manera conservadora. En estos pacientes se evidencio una media de EVA al 1<sup>er</sup> mes de 2,54 puntos, seguido de 1,82 puntos al 3<sup>er</sup>, 1,44 puntos al 6<sup>o</sup> y 1,16 puntos al 12<sup>o</sup> mes. En los 40 pacientes (27,58%) a los que se le realizo cifoplastia, se evidencio una media de EVA de 2,51 al 1<sup>er</sup> mes, seguido de 1,10 puntos al 3<sup>er</sup> mes, 0,82 puntos al 6<sup>o</sup> y 0,61 puntos al 12<sup>o</sup> mes. En los 6 pacientes (4,13%) que fueron sometidos a cifoplastia + artrodesis, presentaron una media de EVA de 4,66 puntos al 1er mes, seguido de 3,3 puntos al 3<sup>er</sup> mes, 3,16 puntos al 6o mes y 2,66 puntos al 12o mes. A 1 pacientes (0,68%) se le realizo

## Universidad de Valladolid

artrodesis percutánea con un EVA de 4 al 1<sup>er</sup>, 3<sup>er</sup>, 6<sup>o</sup> y 12<sup>o</sup> mes de intervenido. A 2 pacientes (1,37%) se le practico vertebroplastia, encontrando resultados de EVA de 2 puntos al 1<sup>er</sup> mes y 0,5 puntos al 3<sup>er</sup>, 6<sup>o</sup> y 12<sup>o</sup> mes. 1 paciente falleció antes de intervenirle (tabla 1,2,3,4 Anexo C).

Tabla 49. Asociación variables IMC\_30\*Conclusión CV\*Tratamiento.

Recuento

Tratamiento	IMC_30	Conclusión CV			Total
		Normal	Osteopenia	Osteoporosis	
Sano	,00	1	0	1	2
	1,00	14	5	4	23
	Total	15	5	5	25
Conservador	,00	16	19	15	50
	1,00	12	15	19	46
	Total	28	34	34	96
Cifoplastia	,00	2	4	2	8
	1,00	6	10	11	27
	Total	8	14	13	35
Vertebroplastia	,00	0		1	1
	1,00	1		0	1
	Total	1		1	2
Artrodesis	1,00	1			1
	Total	1			1
Cifoplastia + Artrodesis	,00	1	2	0	3
	1,00	2	0	1	3
	Total	3	2	1	6
Cifoplastia + Vertebroplastia	,00	1	0		1
	1,00	3	1		4
	Total	4	1		5
Total	,00	21	25	19	65
	1,00	39	31	35	105
	Total	60	56	54	170

0=IMC $\geq$ 30 1: IMC<30



## Universidad de Valladolid

En virtud de que el tipo de tratamiento se aplicó en función del índice de fragilidad modificado, Eva y fracturas previas, se procede a describir la muestra. Los resultados indican que los pacientes que recibieron tratamiento conservador (96), 34 de ellos tenían osteopenia, 34 osteoporosis y 28 diagnosticados como normales. Sólo 4 pacientes presentaron más de 4 patologías y 5 tres patologías. 32 presentaban una patología y 22 mostraron 2 patologías. De este grupo, 71 pacientes (73%) tenían edades entre 70 y 100 años. Así mismo, 66 no presentaban fracturas vertebrales previas, mientras que 13 si lo tenían. 17 mostraban fracturas previas no vertebrales.

Del grupo (49 sujetos) que recibió tratamiento quirúrgico, 35 de ellos se le aplicó Cifoplastia, de los cuales 8 fueron diagnosticados normales, 14 presentaban osteopenia (4 tenían IMC mayor a 30 y 10 menor a 30) y 13 osteoporosis (2 tenían IMC mayor a 30 y 11 menor a 30). Así mismo, 12 de ellos tenían más de 4 patologías, 17 hasta tres y 6 pacientes, ninguna. El 71% (25 pacientes) tenían edad mayor a 70 años. 19 de estos pacientes operados con Cifoplastia no presentaban fracturas vertebrales previas, 10 si y 6 se diagnosticaron con fracturas previas no vertebrales.

A dos se les realizó Vertebroplastia, uno diagnosticado como normal con IMC menor a 30 y el otro con osteoporosis presentaba IMC mayor a 30. Uno de ellos no presentaba ninguna patología, el otro sólo una y tenían edad mayor a 70 años. Ninguno tenía fracturas vertebrales previas. Con artrodesis, sólo un paciente diagnosticado normal con IMC menor a 30, pero tenía tres patologías y tenía edad entre 71 y 80 años y no presentaba fractura vertebral previa. Con Cifoplastia + Artrodesis, 6 pacientes de los cuales 3 fueron diagnosticados normales (dos tenían IMC menor a 30), dos con osteopenia tenían IMC mayor a 30 y 1 con osteoporosis con IMC menor a 30; 1 tenía edad de 34 años, 3 entre 61-70 años, uno tenía entre 71 y 80 y el otro más de 80 años; 3 de ellos presentaron hasta tres patologías y los demás, ninguna. Dos de los pacientes no presentaba fractura vertebral previa, 2 si y los dos tenían fractura previa no vertebral.

A cinco pacientes se les realizó Cifoplastia +Vertebroplastia, 4 fueron diagnosticados normales (1 con IMC mayor a 30, los demás tenían IMC menor a 30) y uno con osteopenia con IMC menor a 30. Mostraban hasta 5 patología y tenían edad mayor a 71 años. Uno de estos pacientes no presentaba fractura vertebral previa, 3 si y uno tenía fractura previa no vertebral.

Tabla 50. Asociación Variables del Índice de Fragilidad modificado\*Conclusión CV\*Tratamiento.

Recuento			Conclusión CV			Total
			Normal	Osteopenia	Osteoporosis	
Tratamiento						
Sano	Variables del IFm	Ninguna	12	3	5	20
		Una patología	1	1	0	2
		Dos patologías	2	0	0	2
		Tres patologías	0	1	0	1
		Total	15	5	5	25
Conservador	Variables del IFm	Ninguna	7	9	17	33
		Una patología	10	14	8	32
		Dos patologías	5	10	7	22
		Tres patologías	4	0	1	5
		Cuatro patologías	2	0	1	3
		Cinco patologías	0	1	0	1
		Total	28	34	34	96
Cifoplastia	Variables del IFm	Ninguna	1	2	3	6
		Una patología	5	5	4	14
		Dos patologías	0	2	0	2
		Tres patologías	0	0	1	1
		Cuatro patologías	0	1	3	4
		Cinco patologías	2	1	1	4
		Seis patologías	0	3	1	4
		Total	8	14	13	35
Vertebroplastia	Variables del IFm	Ninguna	1		0	1
		Una patología	0		1	1
		Total	1		1	2
Artrodesis	Variables del IFm	Tres patologías	1			1
		Total	1			1
Cifoplastia + Artrodesis	Variables del IFm	Ninguna	1	2	0	3
		Dos patologías	1	0	1	2

## Universidad de Valladolid

		Tres patologías	1	0	0	1
	Total		3	2	1	6
Cifoplastia + Vertebroplasia	Variables del IFm	Una patología	1	1		2
		Dos patologías	1	0		1
		Cuatro patologías	1	0		1
		Cinco patologías	1	0		1
	Total		4	1		5
Total	Variables del IFm	Ninguna	22	16	25	63
		Una patología	17	21	13	51
		Dos patologías	9	12	8	29
		Tres patologías	6	1	2	9
		Cuatro patologías	3	1	4	8
		Cinco patologías	3	2	1	6
		Seis patologías	0	3	1	4
	Total		60	56	54	170

Los pacientes con tratamiento conservador en su primer mes al ser evaluados, 40 de ellos según la escala visual analógica (EVA) se situaba en el rango 3 y 4; 0 en 7 de ellos. En el seguimiento se observó que aumentaba el número de pacientes que no presentaban dolor (25 en el tercer mes, 34 en el sexto y 36 en el 2avo mes). Así mismo, los que mostraron rango de dolor mayor a 2 fue disminuyendo a 28 en el 12avo mes.

Los pacientes con tratamiento quirúrgico, los operados con cifoplastia y con cifoplastia + vertebroplastia mostraron  $Eva > 2$ . Los tratados por cifoplastia + artrodesis, presentaban  $Eva > 4$  en su primer mes de tratamiento.

En la evolución de los pacientes según la escala visual, los pacientes operados con cifoplastia + artrodesis mostraron disminución del dolor, los demás pacientes con las otras cirugías, el nivel del dolor bajó ( $Eva < 2$ ) y sólo 9 pacientes con tratamiento cifoplastia mostraron  $Eva > 2$  en el último mes. Es importante destacar que los operados con cifoplastia + vertebroplastia fue mejor su evolución del dolor con respecto a los del tratamiento conservador, donde aún 31 de estos sujetos presentaban  $Eva > 2$  en el 12avo mes. Así

## Universidad de Valladolid

mismo, los operados con artrodesis evolucionaron aún mejor que los pacientes tratados con otros procedimientos.

Para estudiar el grado de satisfacción de los pacientes y su evolución antes, durante y al finalizar la aplicación de los tratamientos se procedió a aplicar tablas cruzadas.

Tabla 51. Resumen de procesamiento de casos.

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tratamiento * Revisión 1er mes * Grado de satisfaccion	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%
Tratamiento * Revisión 3er mes * Grado de satisfaccion	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%
Tratamiento * Revisión 6to mes * Grado de satisfaccion	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%
Tratamiento * Revisión 12vo mes * Grado de satisfaccion	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%
Tratamiento * Conclusión CV * Grado de satisfaccion	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%

Las tablas cruzadas que muestran los valores del grado de satisfacción de los pacientes con el tipo de Tratamiento y las diferentes revisiones están en anexo 4. Seguidamente se muestran las medidas simétricas que permiten observar las asociaciones entre ellas.

Tabla 52. Medidas simétricas Primer mes de revisión.

	Valor	Error estandarizado asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Grado de satisfaccion				

## Universidad de Valladolid

Sano	Intervalo por intervalo	R de Pearson	. <sup>d</sup>			
	N de casos válidos		25			
Bueno	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,152	,082	1,430	,156 <sup>e</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,156	,101	1,477	,143 <sup>e</sup>
	N de casos válidos		89			
Regular	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,405	,099	2,906	,006 <sup>e</sup>
	<b>Ordinal por ordinal</b>	<b>Correlación de Spearman</b>	<b>,403</b>	<b>,104</b>	<b>2,885</b>	<b>,006<sup>e</sup></b>
	N de casos válidos		45			
Malo	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,597	,152	1,289	,288 <sup>e</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,658	,136	1,513	,227 <sup>e</sup>
	N de casos válidos		5			
Regular/Mal	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,393	,175	,854	,441 <sup>e</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,539	,232	1,281	,269 <sup>e</sup>
	N de casos válidos		6			
Total	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,350	,075	4,848	,000 <sup>e</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,327	,078	4,478	,000 <sup>e</sup>
	N de casos válidos		170			

- No se presupone la hipótesis nula.
- Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.
- Se basa en aproximación normal.
- No se han calculado estadísticos porque Tratamiento es una constante.



---

## Universidad de Valladolid

Según los resultados obtenidos en la revisión del primer mes, se puede inferir que existe diferencia significativa entre grado de satisfacción Regular y las restantes variables (tipo de tratamiento y evolución) con  $p$ -valor= 0,006 menor que 0,05. En la revisión del tercer mes, se puede inferir que no existen diferencias significativas entre grado de satisfacción y las restantes variables (tipo de tratamiento y evolución) con  $p$ -valor mayor que 0,05 en todas las casillas.

Tabla 53. Medidas simétricas para revisión tercer mes.

Grado de satisfacción			Valor	Error estandarizado asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Sano	Intervalo por intervalo	R de Pearson	, <sup>d</sup>			
	N de casos válidos		25			
Bueno	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,123	,087	1,156	<b>,251<sup>c</sup></b>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,107	,102	1,003	<b>,319<sup>c</sup></b>
	N de casos válidos		89			
Regular	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,244	,106	1,653	<b>,106<sup>c</sup></b>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,179	,142	1,194	<b>,239<sup>c</sup></b>
	N de casos válidos		45			
Malo	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,633	,178	1,416	<b>,252<sup>c</sup></b>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,658	,136	1,513	<b>,227<sup>c</sup></b>
	N de casos válidos		5			
Regular/Mal	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,316	,159	,667	<b>,541<sup>c</sup></b>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,424	,212	,937	<b>,402<sup>c</sup></b>
	N de casos válidos		6			
Total	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,242	,074	3,233	,001 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,210	,079	2,778	,006 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		170			

- a. No se presupone la hipótesis nula.
- b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.
- c. Se basa en aproximación normal.
- d. No se han calculado estadísticos porque Tratamiento es una constante.

## Universidad de Valladolid

Para el 6to mes de revisión, los resultados indican que existe diferencias significativas entre grado de satisfacción Regular y las restantes variables (tipo de tratamiento y evolución) con p-valor= 0,037 menor que 0,05 y finalmente según los resultados obtenidos en la revisión del 12avo mes (final), se puede inferir que existe diferencia significativa entre grado de satisfacción Regular y las restantes variables (tipo de tratamiento y evolución) con p-valor= 0,042 menor que 0,05.

Tabla 54. Medidas simétricas para revisión 6to mes.

Grado de satisfacción			Valor	Error estandarizado asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Sano	Intervalo por intervalo	R de Pearson	, <sup>d</sup>			
	N de casos válidos		25			
Bueno	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,200	,122	1,907	,060 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,148	,108	1,396	,166 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		89			
<b>Regular</b>	<b>Intervalo por intervalo</b>	<b>R de Pearson</b>	<b>,312</b>	<b>,110</b>	<b>2,151</b>	<b>,037<sup>c</sup></b>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,247	,132	1,674	,101 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		45			
Malo	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,443	,207	,857	,455 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,487	,232	,965	,406 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		5			
Regular/ Malo	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,217	,183	,444	,680 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,139	,237	,281	,793 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		6			
Total	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,285	,080	3,856	,000 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,218	,077	2,891	,004 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		170			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

d. No se han calculado estadísticos porque Tratamiento es una constante.

Tabla 55. Medidas simétricas para el 12 avo mes de revisión.

Grado de satisfaccion			Valor	Error estandari zado asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Sano	Intervalo por intervalo	R de Pearson	. <sup>d</sup>			
	N de casos válidos		25			
Bueno	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,085	,089	,793	,430 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,051	,106	,479	,633 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		89			
<b>Regular</b>	<b>Intervalo por intervalo</b>	<b>R de Pearson</b>	<b>,304</b>	<b>,125</b>	<b>2,094</b>	<b>,042<sup>c</sup></b>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,241	,114	1,631	,110 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		45			
Malo	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,322	,237	,589	,597 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,395	,243	,744	,511 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		5			
Regular/ Malo	Intervalo por intervalo	R de Pearson	-,332	,226	-,704	,521 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	-,270	,264	-,560	,605 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		6			
Total	Intervalo por intervalo	R de Pearson	,242	,077	3,226	,002 <sup>c</sup>
	Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,213	,075	2,820	,005 <sup>c</sup>
	N de casos válidos		170			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

d. No se han calculado estadísticos porque Tratamiento es una constante.

### 5.1.8 REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA Y CURVA COR para analizar la relación Conclusión CV\*otras variables

Para estudiar la relación entre las variables DXA, TAC GSI y RMN contrastada con pacientes sin o con osteoporosis (conclusiónCV) se utilizó Regresión Logística y Curva ROC (COR).

### 5.1.9 Modelo de Regresión Logística Binaria

El estadístico de Regresión Logística Binaria se aplicó para encontrar el modelo adecuado que permita predecir un paciente enfermo con osteoporosis y uno sin la enfermedad. A partir de las n observaciones de la muestra en dos grupos de pacientes por los dos valores de la variable dependiente (ConclusiónCV en sus dos indicadores 0 para sanos y 1 para osteoporosis) se obtuvo un modelo producto de las combinaciones lineales de las variables independientes siguientes: Densidad global TAC HAP y Water, densidad TAC HAP y Water en 6 regiones de interés por cada una (1A, 1B, 2A, 2B, 3A y 3B) en el cuerpo vertebral medido; RMN (en sus cinco indicadores crónica, aguda, subaguda, sano y aguda/subaguda), TACGSI (en sus tres indicadores edema, no edema y sano) y DMOcv. De las cuales DXA como prueba estándar de oro para diagnosticar osteoporosis. Se aplicaron 5 pasos para el procedimiento de selección de variables para incluir al modelo. El estadístico fue el de Wald con p valor asociado a 0.1. A continuación los resultados obtenidos a través del SPSS.

Tabla 56. Resumen de procesamiento de casos.

Casos sin ponderar <sup>a</sup>		N	Porcentaje
Casos seleccionados	Incluido en el análisis	170	100,0
	Casos perdidos	0	,0
	Total	170	100,0
Casos no seleccionados		0	,0
Total		170	100,0

a. Si la ponderación está en vigor, consulte la tabla de clasificación para el número total de casos.

**Codificación de variable dependiente**

Valor original	Valor interno
Normal o Osteopenia	0
Osteoporosis	1

Tabla 57. Codificaciones de variables categóricas.

	Frecuencia	Codificación de parámetro				
		(1)	(2)	(3)	(4)	
RMN	Sano	24	1,000	,000	,000	,000
	Agudo	65	,000	1,000	,000	,000
	SubAgudo	30	,000	,000	1,000	,000
	A/SA	29	,000	,000	,000	1,000
	Crónico	22	,000	,000	,000	,000
Tac GSI	Sano	22	1,000	,000		
	Edema	125	,000	1,000		
	No edema	23	,000	,000		

Tabla 58. Clasificación a,b,c.

Observado	Conclusión CV	Pronosticado		
		Conclusión CV		Porcentaje correcto
		Normal o Osteopenia	Osteoporosis	
Paso 0	Normal o Osteopenia	0	116	,0
	Osteoporosis	0	54	100,0
Porcentaje global				31,8

- No hay términos en el modelo.
- Función inicial de log-verosimilitud: Log-verosimilitud  $-2 = 235,670$
- El valor de corte es ,500

**Bloque 1: Método = Avanzar por pasos (Wald)**

Tabla 59. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo

		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	71,870	1	,000
	Bloque	71,870	1	,000
	Modelo	71,870	1	,000
Paso 2	Paso	51,950	1	,000
	Bloque	123,820	2	,000
	Modelo	123,820	2	,000
Paso 3	Paso	40,036	1	,000
	Bloque	163,856	3	,000
	Modelo	163,856	3	,000
Paso 4	Paso	39,736	1	,000
	Bloque	203,592	4	,000
	Modelo	203,592	4	,000
Paso 5 <sup>a</sup>	Paso	-1,790	1	,181
	Bloque	201,802	3	,000
	Modelo	201,802	3	,000
Paso 6	<b>Paso</b>	<b>14,066</b>	<b>4</b>	<b>,007</b>
	Bloque	215,868	7	,000
	<b>Modelo</b>	<b>215,868</b>	<b>7</b>	<b>,000</b>

a. Un valor negativo de chi-cuadrados indica que el valor de chi-cuadrados ha disminuido del paso anterior.

En los pasos se observa que Chi-cuadrado va aumentando a medida que se van introduciendo variables independientes en la ecuación y en el paso 6, ha llegado a su valor de 215,868 con un p-valor = ,000 lo que indica que el modelo de regresión logística sufrió mejoría significativa para explicar el comportamiento de la variable dependiente ConclusiónCV.

Tabla 60. Clasificación a.

Observado	Pronosticado				
	Conclusión CV		Porcentaje correcto		
	Normal o Osteopenia	Osteoporosis			
Paso 1	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	77	39	66,4
		Osteoporosis	1	53	98,1
	Porcentaje global				76,5
Paso 2	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	107	9	92,2
		Osteoporosis	16	38	70,4
	Porcentaje global				85,3
Paso 3	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	109	7	94,0
		Osteoporosis	6	48	88,9
	Porcentaje global				92,4
Paso 4	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	113	3	97,4
		Osteoporosis	4	50	92,6
	Porcentaje global				95,9
Paso 5	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	113	3	97,4
		Osteoporosis	3	51	94,4
	Porcentaje global				96,5
<b>Paso 6</b>	<b>Conclusión CV</b>	<b>Normal o Osteopenia</b>	<b>114</b>	<b>2</b>	<b>98,3</b>
		<b>Osteoporosis</b>	<b>4</b>	<b>50</b>	<b>92,6</b>
	<b>Porcentaje global</b>				<b>96,5</b>

a. El valor de corte es ,500

Como se puede observar en el paso 6, el modelo con las variables que entraron en la ecuación tiene un porcentaje muy alto (96,5%) de predecir si un paciente tiene o no osteoporosis.

Las variables que entraron en la ecuación para construir el modelo 6 son las siguientes:

Tabla 61. Variables en la ecuación f

		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 6 <sup>e</sup>	TAC3AHAP	-,055	,019	7,896	1	,005	,947
	TScoreCV	-19,321	6,692	8,335	1	,004	,000
	ZScoreCV	-2,763	1,344	4,227	1	,040	,063
	RMN			5,259	4	,262	
	RMN(1)	5,667	4,639	1,492	1	,222	289,141
	RMN(2)	7,518	4,908	2,346	1	,126	1839,996
	RMN(3)	3,477	5,950	,342	1	,559	32,377
	RMN(4)	,998	4,075	,060	1	,806	2,713

e. Variables especificadas en el paso 6: RMN.

f. El procedimiento por pasos se ha detenido porque eliminar la variable menos significativa genera un modelo ajustado previamente.

Seguidamente se procedió a aplicar curva ROC al modelo.

**Resumen de procesamiento de casos**

Conclusión CV	N válido (por lista)
Positivo <sup>a</sup>	54
Negativo	116

Los valores más grandes de las variables de resultado de prueba indican una prueba mayor para un estado real positivo.

a. El estado real positivo es Osteoporosis.

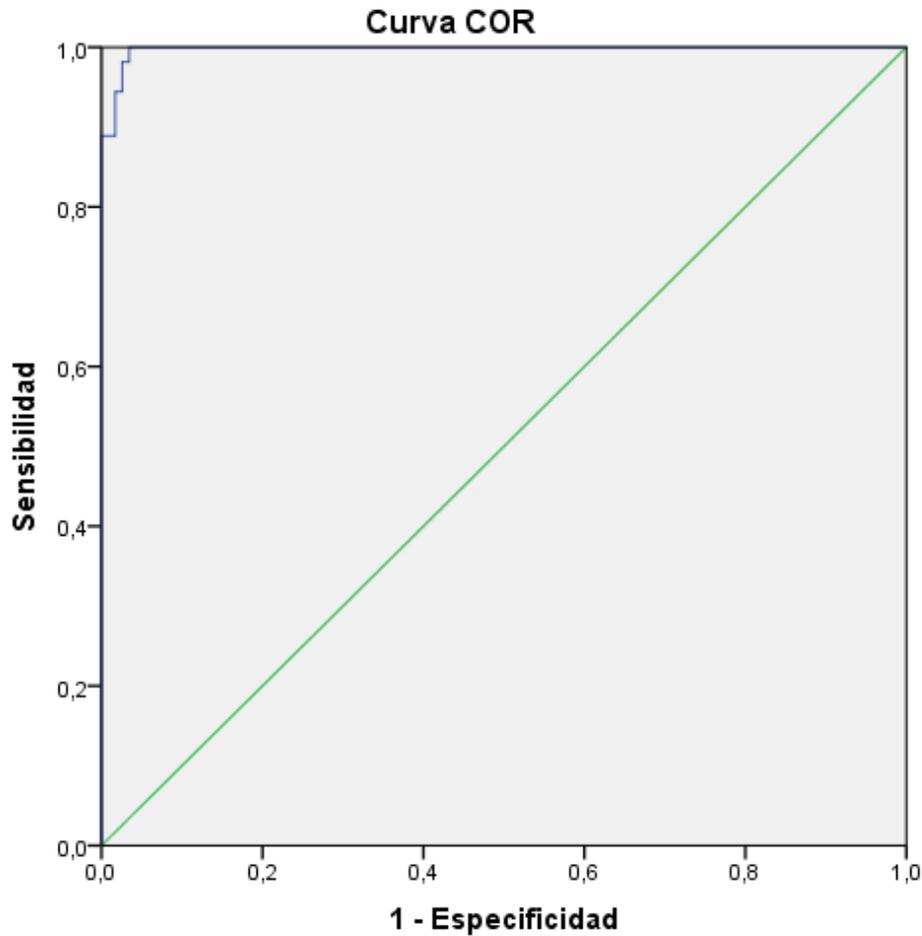


Figura 57. Curva COR de los resultados del modelo.

Tabla 62. Área bajo la curva.

Variables de resultado de prueba: Probabilidad pronosticada

Área	Error estándar <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
,997	,002	,000	,994	1,000

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

La capacidad de predicción de la prueba según modelo obtenido por regresión logística es de casi 100% (99,7%), clasificando correctamente a los pacientes en ese porcentaje. El intervalo de confianza no toca a 0,5 lo que indica que es útil y estadísticamente significativa el área bajo la curva (AUC) para predecir. Estos resultados

serían esperados ya que todas las variables independientes seleccionadas para el modelo pertenecen a dos pruebas estándar de oro como lo son DXA y RMN.

En virtud de esos resultados explicados en el párrafo anterior, se procede a buscar un modelo de regresión logística que permita predecir osteoporosis utilizando TAC GSI como prueba diagnóstica nueva contrastada con DXA como gold standard. Luego de encontrar el modelo, se aplicaría curva ROC para buscar punto de corte que permitiría discriminar los pacientes sanos de los enfermos, los valores positivos y negativos, los falsos positivos y negativos, las razones de verosimilitud y la certeza diagnóstica.

### 5.1.10 Regresión Logística Binaria para buscar modelo definitivo

Tabla 63. Resumen de procesamiento de casos.

		N	Porcentaje
Casos sin ponderar <sup>a</sup>			
Casos seleccionados	Incluido en el análisis	170	100,0
	Casos perdidos	0	,0
	Total	170	100,0
Casos no seleccionados		0	,0
Total		170	100,0

a. Si la ponderación está en vigor, consulte la tabla de clasificación para el número total de casos.

#### Codificación de variable dependiente

Valor original	Valor interno
Normal o Osteopenia	0
Osteoporosis	1

Se puede observar que no hay casos perdidos para N=170 y que la variable independiente categórica para TAC GSI se codificó por SPSS de la manera siguiente:

Tabla 64. Codificaciones de variables categóricas.

	Frecuencia	Codificación de parámetro	
		(1)	(2)
Tac GSI Sano	22	1,000	,000

**Universidad de Valladolid**

Edema	125	,000	1,000
No edema	23	,000	,000

Para la variable dependiente ConclusiónCV se detalla a continuación:

Tabla 65. Clasificación,a,b,c

Observado	Conclusión CV	Pronosticado		
		Conclusión CV		Porcentaje correcto
		Normal o Osteopenia	Osteoporosis	
Paso 0	Normal o Osteopenia	0	116	,0
	Osteoporosis	0	54	100,0
Porcentaje global				31,8

a. No hay términos en el modelo.

b. Función inicial de log-verosimilitud: Log-verosimilitud  $-2 = 235,670$  c. El valor de corte es 0,500

El conjunto de variables independientes que se introducen al modelo inicial son las siguientes con un nivel de significancia de 0,000:

Tabla 66. Las variables independientes de la ecuación paso 0.

Paso 0	Variables	Puntuación	gl	Sig.
	DENSIDADTACGLOBALmgcm <sup>3</sup> HAP	22,533	1	,000
	TAC1AHAP	22,248	1	,000
	TAC1BHAP	18,586	1	,000
	TAC2AHAP	22,479	1	,000
	TAC2BHAP	22,460	1	,000
	TAC3AHAP	22,454	1	,000
	TAC3BHAP	22,507	1	,000
	DENSIDADTACGLOBALmgcm <sup>3</sup> Water	33,211	1	,000
	TAC1AWater	32,290	1	,000
	TAC1BWater	36,528	1	,000
	TAC2AWater	34,047	1	,000
	TAC2BWater	37,258	1	,000

## Universidad de Valladolid

TAC3AWater	29,382	1	,000
TAC3BWater	34,078	1	,000
TacGSI	21,077	2	,000
TacGSI(1)	8,909	1	,003
TacGSI(2)	12,168	1	,000

a. Los chi-cuadrados residuales no se calculan debido a redundancias.

### Bloque 1: Método de avanzar por pasos (Wald)

Tabla 67. Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo.

		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	39,794	1	,000
	Bloque	39,794	1	,000
	Modelo	39,794	1	,000
Paso 2	Paso	12,777	1	,000
	Bloque	52,571	2	,000
	Modelo	52,571	2	,000
Paso 3	Paso	5,953	1	,015
	Bloque	58,523	3	,000
	Modelo	58,523	3	,000
Paso 4	Paso	4,134	1	,042
	Bloque	62,657	4	,000
	Modelo	62,657	4	,000
<b>Paso 5</b>	<b>Paso</b>	<b>7,018</b>	<b>1</b>	<b>,008</b>
	<b>Bloque</b>	<b>69,675</b>	<b>5</b>	<b>,000</b>
	<b>Modelo</b>	<b>69,675</b>	<b>5</b>	<b>,000</b>

En los pasos se observa que Chi-cuadrado va aumentando a medida que se van introduciendo variables independientes en la ecuación y en el paso 5 ha llegado a su valor de 69,675 con un p-valor de 0,000 lo que indica que el modelo de regresión logística sufrió mejoría significativa para explicar el comportamiento de la variable dependiente ConclusionCV.

Tabla 68. Resumen del modelo.

Paso	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	195,876 <sup>a</sup>	,209	,278
2	183,100 <sup>b</sup>	,266	,355
3	177,147 <sup>b</sup>	,291	,388
4	173,013 <sup>c</sup>	,308	,411
5	165,995 <sup>c</sup>	,336	,448

- a. La estimación ha terminado en el número de iteración 3 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de ,001.
- b. La estimación ha terminado en el número de iteración 4 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de ,001.
- c. La estimación ha terminado en el número de iteración 5 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de ,001.

La R cuadrada de Cox y Snell se basan en la comparación de la verosimilitud del modelo final (paso 5) con la del modelo inicial (paso 0). En este paso 6, al introducir la variable independiente TAC3BHAP al modelo, Chi-cuadrado aumenta a 69, 675 y p-valor es de 0,000 siendo significativo menor que 0,05 lo que lleva a concluir que la mejora del modelo es significativa. La R cuadrada de Nagelkerke obtenida en el paso 5 es de 0,448, lo que indica que el modelo 5 de Regresión logística explica en un 74,1 % el comportamiento de la variable dependiente ConclusiónCV.

Tabla 69. Clasificación a.

Observado	Pronosticado				
	Conclusión CV		Porcentaje correcto		
	Normal o Osteopenia	Osteoporosis			
Paso 1	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	116	0	100,0
		Osteoporosis	54	0	,0
	Porcentaje global				68,2
Paso 2	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	100	16	86,2
		Osteoporosis	36	18	33,3
	Porcentaje global				69,4
Paso 3	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	101	15	87,1

## Universidad de Valladolid

		Osteoporosis	33	21	38,9
		Porcentaje global			71,8
Paso 4	Conclusión CV	Normal o Osteopenia	103	13	88,8
		Osteoporosis	32	22	40,7
		Porcentaje global			73,5
Paso 5	<b>Conclusión CV</b>	<b>Normal o Osteopenia</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>86,2</b>
		<b>Osteoporosis</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>48,1</b>
		Porcentaje global			74,1

a. El valor de corte es ,500

Las variables independientes seleccionadas que conforman la ecuación de estimación son las detalladas en el paso 5.

Tabla 70. Variables en la ecuación.

		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 <sup>a</sup>	TAC2BWater	-,013	,002	32,692	1	,000	,987
Paso 2 <sup>b</sup>	TAC1AHAP	,002	,001	11,014	1	,001	1,002
	TAC2BWater	-,038	,008	20,834	1	,000	,963
Paso 3 <sup>c</sup>	TAC1AHAP	,071	,031	5,291	1	,021	1,074
	TAC2AHAP	-,069	,031	5,021	1	,025	,933
	TAC2BWater	-,036	,008	17,891	1	,000	,965
Paso 4 <sup>d</sup>	TAC1AHAP	,094	,035	7,311	1	,007	1,098
	TAC2AHAP	-,092	,035	7,037	1	,008	,912
	TAC1AWater	,022	,011	4,004	1	,045	1,022
	TAC2BWater	-,058	,015	15,623	1	,000	,944
Paso 5 <sup>e</sup>	<b>TAC1AHAP</b>	,149	,044	11,281	1	<b>,001</b>	1,161
	<b>TAC2AHAP</b>	-,092	,036	6,386	1	<b>,012</b>	,912
	<b>TAC3BHAP</b>	-,055	,021	7,011	1	<b>,008</b>	,946
	<b>TAC1AWater</b>	,033	,012	7,754	1	<b>,005</b>	1,034
	<b>TAC2BWater</b>	-,072	,016	19,882	1	<b>,000</b>	,931

- a. Variables especificadas en el paso 1: TAC2BWater.
- b. Variables especificadas en el paso 2: TAC1AHAP.
- c. Variables especificadas en el paso 3: TAC2AHAP.
- d. Variables especificadas en el paso 4: TAC1AWater.
- e. Variables especificadas en el paso 5: TAC3BHAP.



## Universidad de Valladolid

Estas variables independientes corresponden a las mediciones de las regiones de interés del cuerpo vertebral medido, en particular tres son de medida Hidroxiapatita y dos de Water con un p valor menor de 0.001; 0,012, 0,008, 0,005 y 0,000 respectivamente menores que 0,05. La ecuación predictora quedaría como sigue:

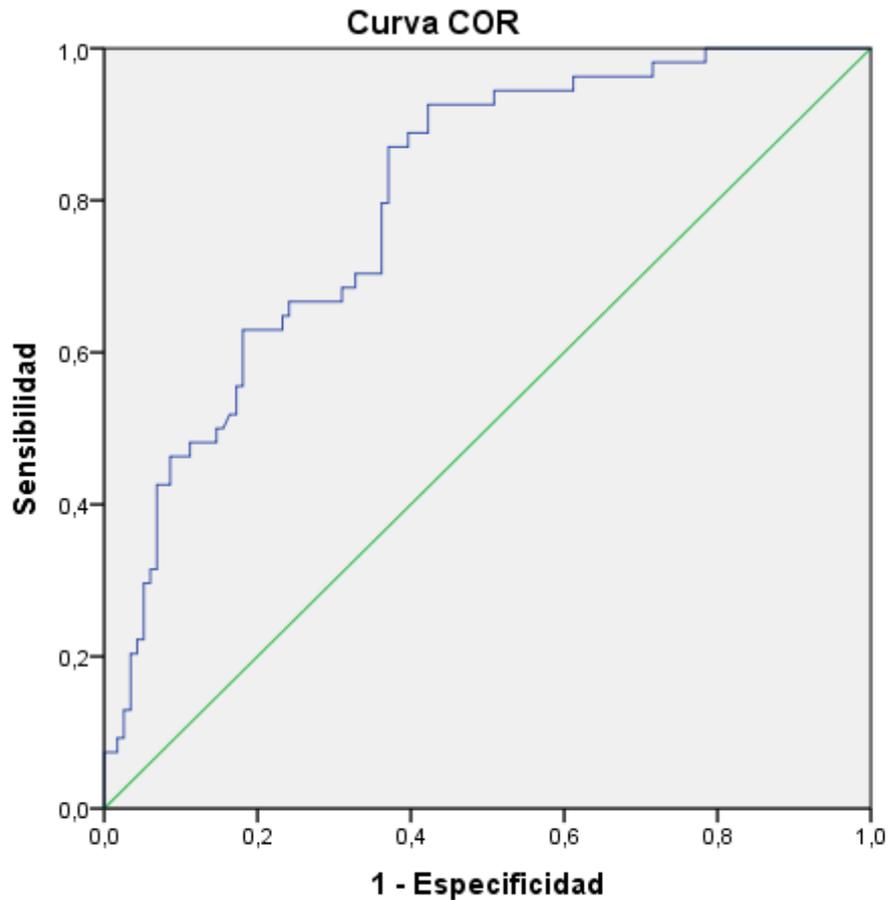
$$\text{ConclusiónCV} = 0,149\text{TAC1AHAP} - 0,092\text{TAC2AHAP} - 0,055\text{TAC3BHAP} + 0,033\text{TAC1AWATER} - 0,072\text{TAC2BWATER}.$$

Una vez seleccionado el modelo que mejor predice el diagnóstico de osteoporosis, se procede a aplicarle curva ROC para contrastarlo con el modelo estándar de oro como lo es DXA.

### Curva Roc (COR) para modelo 5

Resumen de procesamiento de casos	
Conclusión CV	N válido (por lista)
Positivo <sup>a</sup>	54
Negativo	116
a. El estado real positivo es Osteoporosis.	

Figura 58. Curva COR de los resultados del modelo 5.



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Tabla 71. Área bajo la curva.

VARIABLES DE RESULTADO DE PRUEBA: Probabilidad pronosticada

Área	Error estándar <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
,799	,034	,000	,731	,867

Las variables de resultado de prueba: Probabilidad pronosticada tienen, como mínimo, un empate entre el grupo de estado real positivo y el grupo de estado real negativo. Las estadísticas podrían estar sesgadas.

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

## Universidad de Valladolid

La capacidad de predicción de la prueba según modelo obtenido por regresión logística es de 79,9%, clasificando correctamente a los pacientes en ese porcentaje. Esa capacidad de predicción es buena ya que la curva va por encima de la línea de referencia y está ubicada arriba y a la derecha el punto de corte visualizado manual.

El intervalo de confianza no toca a 0,5 lo que indica que es útil y estadísticamente significativa el área bajo la curva (AUC) para clasificar correctamente y con una significancia p-valor = 0,000 menor que 0,5.

En virtud de que no se sabe cuál es el mejor punto de corte que ayude a hacer el diagnóstico de osteoporosis mediante TAC GSI, se buscó la certeza diagnóstica esperada con un 90% de sensibilidad, un 5% de precisión, con nivel de confianza del 95% en 170 pacientes. Se buscaron los valores predictivos (FN, FP, VN, VP), razones de verosimilitud (+RL, -RL), la prevalencia, sensibilidad y especificidad, monograma de Fagan y las tablas cruzadas. Estos valores se obtuvieron con el programa Calculator Araw disponible en internet. También se calculó la prueba de McNemar para grupos relacionados ya que es un estudio de un mismo paciente sometido a dos pruebas.

Tabla 72. Resumen de procesamiento de casos.

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ProbProp_0,2233 * Conclusión CV	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%

Tabla 73. ProbProp\_0,2233\*Conclusión CV.

			Conclusión CV		Total
			Normal o Osteopenia	Osteoporosis	
ProbProp_0,2233	2,00	Recuento	67	4	71
		% dentro de Conclusión CV	57,8%	7,4%	41,8%
	,00	Recuento	49	50	99
		% dentro de Conclusión CV	42,2%	92,6%	58,2%
Total		Recuento	116	54	170

## Universidad de Valladolid

% dentro de Conclusión CV	100,0%	100,0%	100,0%
------------------------------	--------	--------	--------

Esta tabla contiene los valores VP= 67, FP = 4, FN= 49 y VN =50. La sensibilidad sería de 0, 926 (92,6%), la especificidad sería de 0, 578 (57,8%) y la prevalencia del modelo es de 0, 682353. Los valores de las razones de similitud serían + LR= 7,8 y -LR= 0,46. Según la teoría, una razón de similitud mayor a 5 es buena y mientras menor sea el valor de -LR, mejor es la prueba y Chi-cuadrado significativo con p-valor= 0,000 menor a 0,05.

Tabla 74. Pruebas de chi-cuadrado.

	Valor	Significación exacta (bilateral)
Prueba de McNemar		,000
N de casos válidos	170	

Para analizar el monograma de Fagan (las líneas azules y rojas) se utiliza lo siguiente:

### PRUEBA POSITIVA:

Razón de verosimilitud positiva: 7.80  
 Intervalo de confianza del 95%: [3.00,20]  
 Probabilidad posterior (odds): 94% (16,8)  
 Intervalo de confianza del 95%: [87%,98%]  
 (~ 1 en 1.1 con prueba positiva están enfermos)

### PRUEBA NEGATIVA:

Relación de probabilidad negativa: 0,46  
 Intervalo de confianza del 95%: [0.36,0.57]  
 Probabilidad posterior (odds): 50% (1,0)  
 Intervalo de confianza del 95%: [44%,55%]  
 (~ 1 en 2.0 con prueba negativa están bien)

Probab. Pretest

Probab Postest

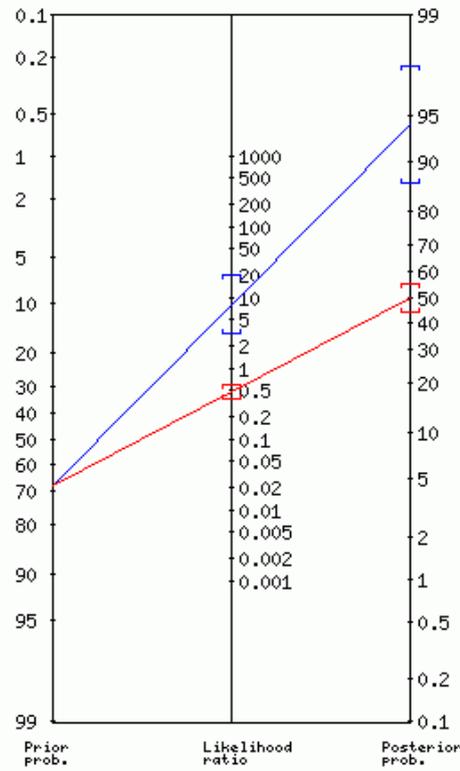
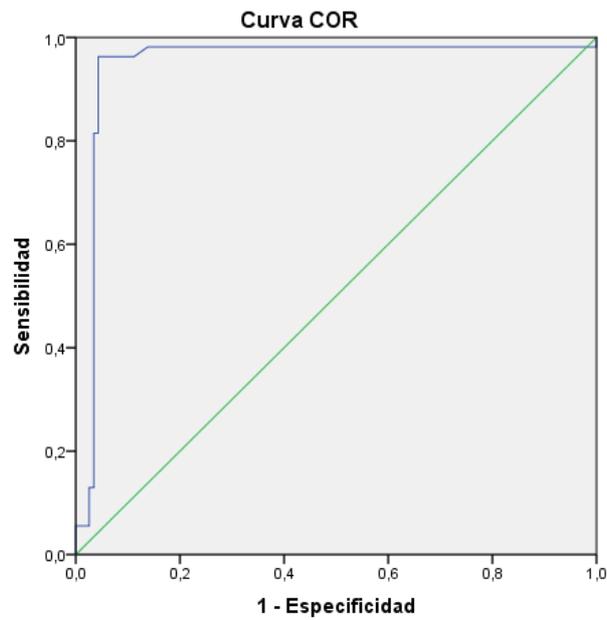


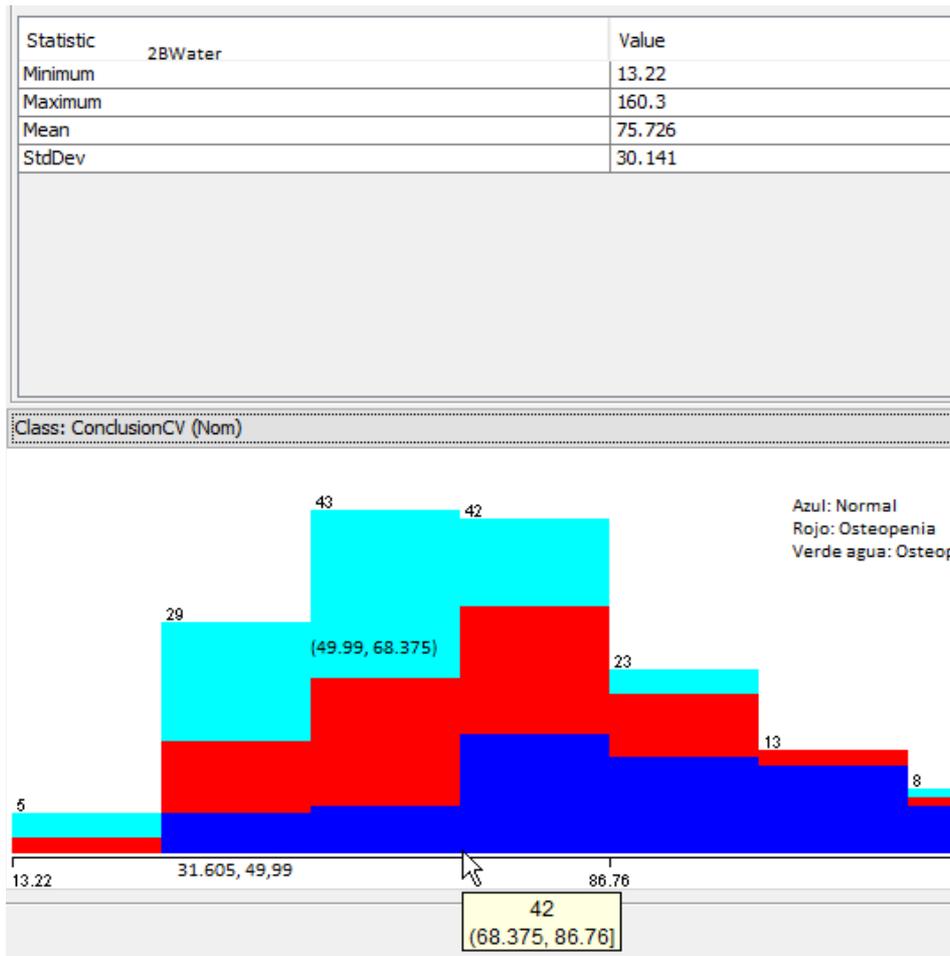
Figura 59. Monograma de Fagan para modelo 5.

### Curva Cor del estándar de oro DXA



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Figura 60. Figura 56. Curva COR de los resultados de DXA.



Análisis gráfico obtenido a través del software Weka que ilustra el comportamiento de la variable ConclusiónCV y Nueva prueba TAC 2B Water

Fuente: Elaboración propia, octubre 2022

Se puede observar que la cantidad de agua en la vértebra medida oscila entre 13,22 y 160 mg/cm<sup>3</sup> y que desde el volumen 31,605 hasta 86,76 mg/cm<sup>3</sup> se concentra el mayor número de pacientes con osteoporosis y osteopenia (aproximadamente 49 osteoporóticos y 40 con osteopenia), siendo el valor pico para ambas enfermedades entre 49,99 y 68,375 mg/cm<sup>3</sup>. Se evidencia que si la cantidad de agua es mayor a 86,76 disminuye considerablemente la presencia de la enfermedad.

Tabla 75. Variables de resultado de prueba: DXA CV.

Área	Error estándar <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
,947	,024	,000	,901	,993

Las variables de resultado de prueba: DMO CV tienen, como mínimo, un empate entre el grupo de estado real positivo y el grupo de estado real negativo. Las estadísticas podrían estar sesgadas.

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

Se buscará punto de corte para discriminar y clasificar los pacientes con y sin osteoporosis a través de las coordenadas de la curva. Se puede observar que el mejor punto está en 0 para sensibilidad y 0 para 1-Especificidad (Falsos Positivos).

Tabla 76. Descriptivo variables DXA\_0,91\*Conclusión CV.

Recuento	Conclusión CV		Total
	Normal o Osteopenia	Osteoporosis	
DXA_0,91 ,00	96	0	96
2,00	20	54	74
Total	116	54	170

Se puede observar en la tabla 2x2 para DXA (Estandar de oro), los valores siguientes:

FP=0, VN= 54, FN=20 y VP=96. Las razones de verosimilitud: +LR=999999; -LR=0,17 sensibilidad es de 0,8275 y Especificidad es 1. Estos se calcularon con el Araw calculator.

Comparando las curvas Cor de ambas pruebas (Nueva prueba: 5 regiones de interés de TAC GSI contra estándar de oro DXA) se podría decir que la nueva prueba es buena con una capacidad de predecir osteoporosis (AUC) en un 80% contra un 95% del gol standard en esta muestra estudiada. Podría inferirse, según el análisis de los datos

## Universidad de Valladolid

referidos a la variable Conclusión CV que los pacientes de la muestra estudiados (170) a pesar de tener múltiples patologías, fracturas previas, entre otros diagnósticos, sólo 49 de 145 padecen la enfermedad pues 5, son de los 25 sujetos reportados sanos (sin fracturas previas y con hasta 3 patologías). Se puede indicar que con la nueva prueba se encontraron 50 verdaderos negativos y 4 falsos positivos contra 54 de la prueba estándar de oro y 0 falsos positivos. Finalmente, las 5 regiones de interés TAC 1A HAP, TAC 2A HAP, TAC 3B HAP, TAC 1A WATER y TAC 2B WATER como modelo, discrimina enfermos de osteoporosis en un 80%.

Para acercarse más a los valores de la variable TAC GSI que están medidos en  $\text{mg}/\text{cm}^3$ , y en virtud de los resultados de la prueba T para grupos independientes entre los dos grupos de pacientes con y sin osteoporosis se procedió a seleccionar TAC 2 Water (como propuesta de prueba para diagnosticar osteoporosis) ya que con esa prueba estadística se determinó que los pacientes osteoporóticos tenían menos  $\text{mg}/\text{cm}^3$  de agua en el cuerpo vertebral medido y así poder contrastarla con la estándar de oro DXA. A continuación los resultados.

### Curva COR Prueba Nueva TAC-GSITAC2BWATER

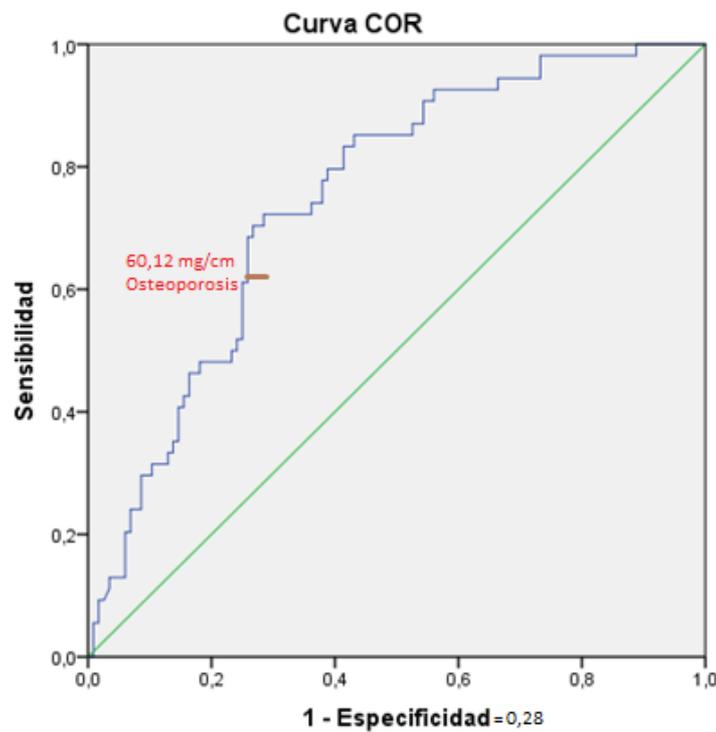


Figura 61. Curva COR de los resultados de TAC 2B Water.

Tabla 77. Área bajo la curva

Variables de resultado de prueba: TAC 2B Water

Área	Error estándar <sup>a</sup>	Significación asintótica <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza asintótico	
			Límite inferior	Límite superior
,750	,038	,000	,675	,825

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

Tabla 78. Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
TAC 2B WATER_66,99 * Conclusión CV	170	100,0%	0	0,0%	170	100,0%
TAC2BWAT ,00	83		15		98	
ER_66,99 2,00	33		39		72	
Total	116		54		170	

Tabla 79. Prueba de MacNemar.

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Prueba de McNemar-Bowker	.	.	,000 <sup>a</sup>
N de casos válidos	170		

a. Sólo se ha calculado para una tabla PxP, donde P debe ser mayor que 1.

## Universidad de Valladolid

Esta tabla contiene los valores VP= 83, FP = 15, FN= 33 y VN =39. La sensibilidad sería de 0, 71 (92,6%), la especificidad sería de 0, 722 y la prevalencia del modelo es de 0, 682353. Los valores de las razones de similitud serían + LR= 2,58 y -LR= 0,39. Según la teoría, una razón de similitud mayor a 3 o 5 es buena y mientras menor sea el valor de -LR, mejor es la prueba y Chi-cuadrado significativo con p-valor= 0,000 menor a 0,05. Esto indica que es una buena prueba para predecir o clasificar pacientes osteoporóticos de un grupo normales y con osteopenia. El área bajo la curva (AUC) indica un 75% de probabilidad de clasificar correctamente. Los valores predictivos positivos sería 98 y los negativos, 72.

Probabilidad previa (odds): 68% (2,1)

**PRUEBA POSITIVA:**  
 Razón de verosimilitud positiva: 2.58  
 Intervalo de confianza del 95%: [1.65,4.02]  
 Probabilidad posterior (odds): 85% (5,5)  
 Intervalo de confianza del 95%: [78%,90%]  
 (~ 1 en 1.2 con prueba positiva están enfermos)

**PRUEBA NEGATIVA:**  
 Relación de probabilidad negativa: 0.39  
 Intervalo de confianza del 95%: [0.28,0.55]  
 Probabilidad posterior (odds): 46% (0,8)  
 Intervalo de confianza del 95%: [38%,54%]  
 (~ 1 en 1.8 con prueba negativa están bien)

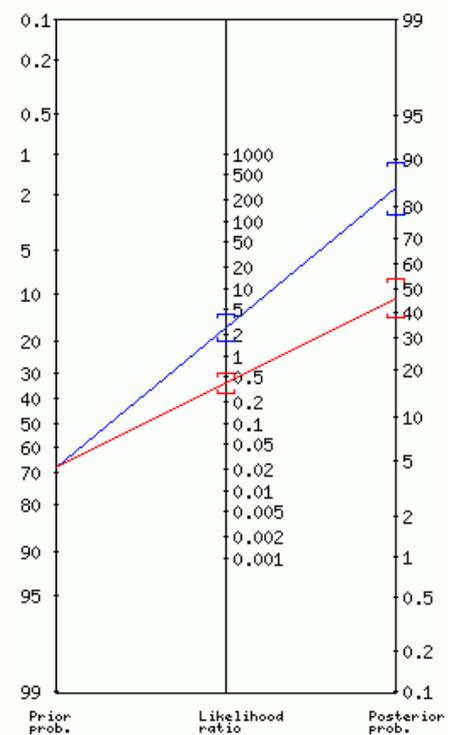


Figura 62. Nomograma de Fagan para nueva Prueba TAC GSI 2B Water.

Según monograma de Fagan, con una prevalencia del 68%, los pacientes con una pre prueba positiva y una razón de verosimilitud mayor a 3 tendrían en una post prueba, un 85% de probabilidad de aumentar su riesgo de padecer la enfermedad. Análogamente, los pacientes que tengan una pre prueba negativa y una razón de verosimilitud cerca de 0,49 tendrían en una post prueba, un 49% de probabilidad de no padecer la enfermedad.

## Universidad de Valladolid

Los valores de referencia según punto de corte serían los siguientes: De 0-66,99 Osteoporosis y mayores a 66,99 osteopenia o normal.

### 5.2 VALIDACIÓN INTERNA DEL MODELO

Para hacer la validación interna de los resultados, se contrastaron los obtenidos de los pacientes con y sin fracturas previas, así como los pacientes con y sin osteoporosis entre ambas pruebas.

Los valores de referencia según validación interna serían:

De 0 hasta 60,12 mg/cm<sup>3</sup> OSTEOPOROSIS

De 60,13 hasta 85,33 mg/cm<sup>3</sup> OSTEOPENIA

De 85,34 hasta 161 mg/cm<sup>3</sup> NORMAL

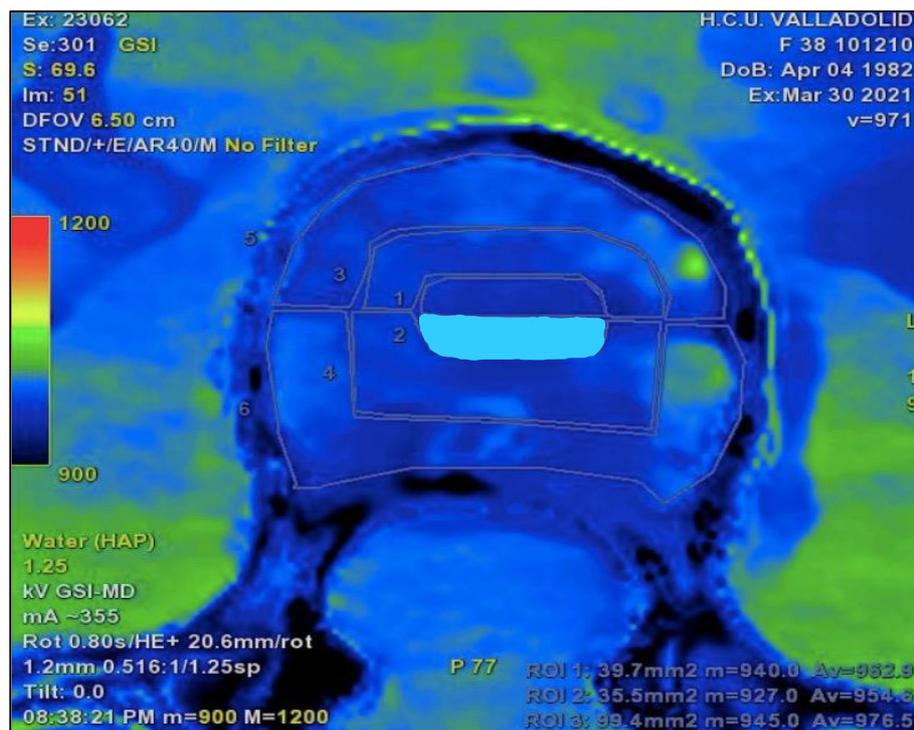


Figura 63. ROI utilizada como nuevo parámetro de referencia. TAC 2B Water .

Los valores según la referencia anterior quedarían distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 80. Descriptivo variables TAC 2B W\_60,12.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1,00	54	31,8	31,8	31,8

**Universidad de Valladolid**

2,00	65	38,2	38,2	70,0
3,00	51	30,0	30,0	100,0
Total	170	100,0	100,0	

Osteoporosis: 1 Osteopenia: 2 Normal: 3

Los resultados mostrados en tabla 79 (TAC2W\_60,12) se comparan contra los resultados de la Prueba estándar de Oro DXA.

*Tabla 81. Resultados de DXA.*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje Acumulado
1,00	54	31,8	31,8	31,8
2,00	56	33	33	64,8
3,00	60	35,2	35,2	100
Total	170	100,00	100,00	

Osteoporosis: 1 Osteopenia: 2 Normal: 3

Comparación entre los valores obtenidos de los pacientes con y sin fracturas previas con la nueva prueba.

*Tabla 82. Descriptivo variables FRACTURAS PREVIAS\*TAC2BW\_60,12.*

*Recuento*

	Tabla 64 TAC2BW_60,12			Total
	Osteoporosis60,12	Osteopenia60,13	Normal85,34	
FRACTURASPREVIAS				
Si	17	7	4	28
Sanos	1	6	18	25
Otro	13	10	3	26
No	23	42	26	91
Total	54	65	51	170

Tabla 83. Medidas simétricas.

		Valor	Error estandarizado o asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Intervalo por intervalo	R de Pearson	,052	,106	,457	,649 <sup>c</sup>
Ordinal por ordinal	Correlación de Spearman	,062	,120	,548	,585 <sup>c</sup>
N de casos válidos		79			

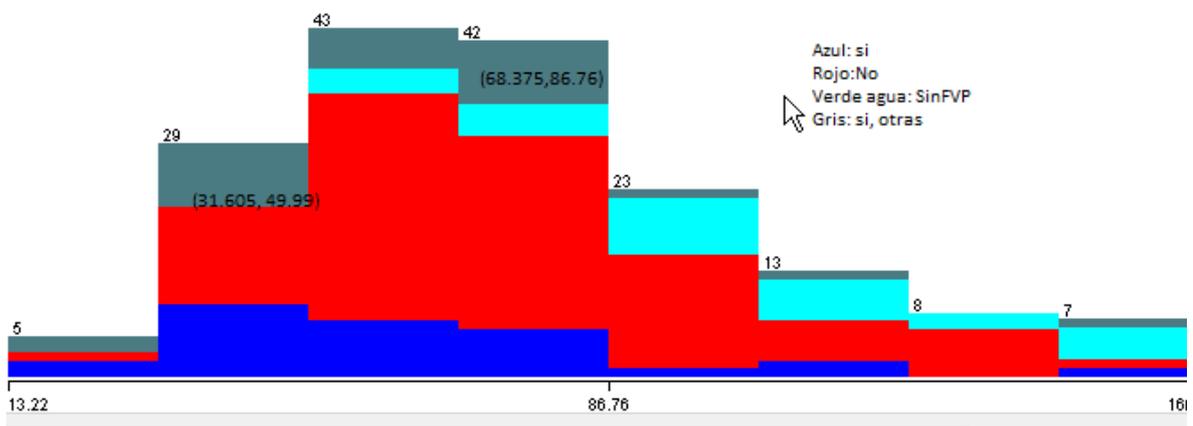
a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula. c. Se basa en aproximación normal.

Se puede observar que  $p\text{-valor} = 0,585$  es mayor que  $0,05$  se puede inferir que no existe diferencias significativas entre las variables grupo con y sin fracturas vertebrales previa (gráfico X) y los pacientes con osteoporosis, osteopenia y normal (conclusión CV, gráfico z) según la nueva prueba. Seguidamente se presenta el análisis gráfico obtenido a través del software Weka que ilustra el comportamiento de la variable Fracturas previas y Nueva prueba TAC 2B Water.

Statistic	TAC2Bwater	Value
Minimum		13.22
Maximum		160.3
Mean		75.726
StdDev		30.141

Class: FracturasPrevias (Nom) Visualize All



Fuente: Elaboración propia, octubre 2022

Se puede observar que la cantidad de agua en la vértebra medida oscila entre 13,22 y 160 mg/cm<sup>3</sup> y que desde el volumen 31,605 hasta 86,76 mg/cm<sup>3</sup> se concentra el mayor número de pacientes con fractura y sin fractura vertebral. Sin embargo, para volumen mayor a 86, 76 se evidencia que si la cantidad de agua es mayor a 86,76 aumenta considerablemente el número de pacientes sin fractura vertebral previa.

Plantear TAC GSI 2B Water como prueba para diagnosticar osteoporosis ayudaría a futuro a disminuir el número de muestras (RMN,DXA, Rx), podría mejorar la certeza diagnóstica, ayudaría a medir la cantidad de agua e hidroxapatita que tiene la vértebra de un paciente sano u osteoporótico. Se dejaría a futuras investigaciones, la búsqueda de valores de mg/cm<sup>3</sup> que debe poseer una vértebra para discriminar los tres tipos de pacientes (normal, osteopenia y osteoporosis)

## 6 DISCUSIÓN

La OP definida como disminución de masa ósea por unidad de volumen es una enfermedad estrechamente relacionada con la edad. Para valorar la densidad mineral ósea se utiliza de rutina la densitometría ósea, que sirve para diagnóstico y seguimiento de dicha patología. La columna lumbar es el sitio con mayor afectación en las primeras fases de la OP, es por esta razón que uno de los parámetros de estudio de dicha prueba se centra en los cuerpos vertebrales de la región lumbar. Particularmente la Organización Mundial de la Salud recomienda el estudio con DXA como parte de los criterios de OP. (3,187–190) Este método no está exento de limitaciones, y una de ellas es que no diferencia el hueso cortical del hueso esponjoso. Debido a las distintas tasas de conversión entre el hueso cortical y esponjoso, se ha visto que las alteraciones durante al inicio de la OP ocurren inicialmente en el hueso esponjoso. Esto se explica debido a la gran superficie que ocupa y a la alta tasa de conversión metabólica que sucede en el hueso esponjoso en comparación con el hueso cortical. Por esta razón la DMO en algunas ocasiones de OP temprana pudiera no ser identificada y por ende reducir la sensibilidad de la misma con el tratamiento. (102,191,192). Sumado a esto, el análisis de dicha zona puede variar en presencia de alteraciones óseo metabólicas debida a enfermedades que alteren el correcto equilibrio en la microarquitectura ósea. (102,191).

Con el objeto de evidenciar el uso de ciertas pruebas para diagnosticar OP se hicieron dos estudios preliminares, uno con tres pacientes, donde se intenta mostrar las distintas visiones del CV a través de la medición volumétrica del mismo utilizando TAC con cortes 3D. Los resultados indican que una correcta restauración del CV, correcta restauración de la placa terminal disminuye las posibles complicaciones futuras y a través del TAC y sus cortes 3D no permite calcular la densidad volumétrica encontrada en el CV y por ende nos marca el camino para la utilización del TAC con su herramienta GSI para calcular la masa volumétrica en sus distintas ROI, que nos permitan realizar menos pruebas obteniendo resultados similares. Así mismo, el otro trabajo permitió revisar de forma exhaustiva investigaciones donde los autores utilizaron pruebas diagnósticas y diversos tratamientos para corregir ciertas patologías de columna vertebral. Confirman el uso de pruebas de imágenes tales como Rx, TAC o RMN como estudio preliminares no solo para



## Universidad de Valladolid

valorar las lesiones existentes, sino plantear posibles soluciones. Estos estudios preliminares permitieron seleccionar el TAC- GSI como una adecuada herramienta diagnóstica para hacer el estudio preciso del volumen de la medular del cuerpo vertebral y que nos permita identificar una paciente como afecto de OP.

En virtud de los planteamientos expuestos en párrafo anterior, la TAC cuantitativa se podría utilizar para valorar la densidad mineral ósea por volumen real, descartando los efectos del tamaño del hueso y diferenciando las densidades del hueso cortical y esponjoso para así determinar con mayor precisión los parámetros morfológicos. Es decir, el TAC cuantitativo puede reflejar los cambios precoces que se suscitan en la masa ósea vertebral. La gran limitación de dicha prueba es que se requiere sistemas informáticos avanzados y específicos para medir y analizar la densidad ósea, siendo el método más complejo y requiriendo dosis más alta de radiación para obtener los datos deseados. (105,193)

En teoría, la técnica ideal para medir la densidad mineral ósea sería el TAC de energía dual. Éste método requiere un escaneo por duplicado, pudiendo limitarse por las diferencias entre las imágenes escaneados y las altas dosis de radiación, los software son específicos y escasos, limitando así su aplicación en el área clínica. (194,195)

El TAC con análisis espectral de piedras preciosas (TAC GSI), permite crear imágenes espectrales mediante intercambio de energía, utilizando tecnología específica de separación física, permitiendo determinar cuantitativamente la densidad mineral del hueso. Los principales componentes del hueso esponjoso vertebral son los minerales óseos ( $\text{Ca}^{2+}$ ), el agua y el colágeno, es por esta razón que realizando mediciones en regiones de interés se puede identificar la densidad del agua-HAP e HAP-agua del hueso esponjoso del cuerpo vertebral, ya que dichas sustancias pueden emparejarse y reflejar indirectamente el contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  y agua y los cambios del hueso esponjoso. (9,150,194)

La idea de este trabajo de investigación se ha centrado en plantear una solución a un problema que día a día aumenta su prevalencia y afecta tanto a hombres como a mujeres sin distinción etaria. Las FVO están infravaloradas, considerando una FV en el paciente anciano como un estado “normal” por el cual debe pasar el paciente, sin pensar en las graves complicaciones que puede implicar una evolución negativa de dicha fractura



## Universidad de Valladolid

vertebral. A pesar de su alta prevalencia, más de dos tercios de ellas siguen sin diagnosticarse, ya sea por la dificultad a la hora de evaluar radiografías con técnicas deficientes, que los radiólogos las consideren como hallazgos normales en las personas mayores o a que los médicos de atención primaria centran su atención a tratar el aspecto agudo de la enfermedad, obviando las posibles complicaciones esquelética que puede sufrir el paciente.(47)

Estimar la DMO mediante el estudio de TAC con protocolo GSI, utilizado como objetivo de esta tesis, tiene como aplicabilidad ofrecer a los pacientes una alternativa rápida, eficiente, eficaz y segura para diagnosticar las alteraciones óseas a través de la cuantificación de la densidad mineral ósea medida en regiones de interés de los CV. Con este estudio no sólo se pretende ofrecer el TAC con protocolo GSI como herramienta diagnóstica de OP en la columna vertebral, sino sustituir pruebas Gold estándar con la intención de minimizar costos al sistema sanitario, agilizar diagnósticos y ofrecer un tratamiento oportuno para disminuir complicaciones futuras que hasta ahora afectan a gran parte de la población anciana. Sobre esta hipótesis se trata de introducir y probar la habilidad que tiene la técnica una vez se encuentren definitivamente los valores referenciales para diagnosticar (n pruebas con TAC GSI 2B Water en pacientes que no formaron parte de la muestra de estudio) en la consecución del objetivo. Esto además por los resultados encontrados sobre la relación existente entre TAC GSI Water y DMO en los pacientes de la muestra y no con TAC GSI HAP.

El riesgo de sufrir una fractura, es el principal resultado clínico de la osteoporosis. Las fracturas vertebrales representan el sello distintivo de la osteoporosis, con una prevalencia calculada entre el 35 y el 50% de mujeres mayores de 50 años. Las fracturas vertebrales ocurren con frecuencia sin un claro traumatismo y a menudo son asintomáticas. (145)

La aparición de una FV con su consecuente diagnóstico y tratamiento es muy importante en el manejo de pacientes osteoporóticos, ya que resulta en un aumento en el riesgo de experimentar un nuevo incidente de FV y otras fracturas por fragilidad. Las mujeres con una FV previa tienen un riesgo de 4 a 5 veces más elevado de sufrir una nueva FV; este riesgo aumenta con el número de fracturas prevalentes al inicio y se demostró que es independiente de la DMO. (1)



## Universidad de Valladolid

Actualmente, el estudio de la osteoporosis se lleva a cabo desde los centros de atención primaria por medio del médico de cabecera, que en muchas ocasiones debido a la alta presión asistencial no realiza de rutina una identificación en la población general de las personas afectadas por dicha patología. Se infraestima el estudio la OP en hombres, sólo diagnosticándola cuando se pone de manifiesto la complicación mayor de la OP: la fractura vertebral. (2)

Es fundamental identificar una fractura vertebral osteoporótica, para así ofrecer un tratamiento inmediato y evitar complicaciones que van desde el dolor incapacitante, hasta la muerte producida por compresión medular.

Las publicaciones realizadas por la International Osteoporosis Foundation, considera vital la detección precoz de las FVO, tanto para prevenir nuevas FVO como la aparición de fracturas no vertebrales. Consideran como factores predictores: la edad avanzada, peor DMO, toma de corticoides y pérdida ponderal. Los trabajos de investigación publicados presentan un algoritmo para tratar de identificar precozmente las FVO. No queda claro cuáles son los valores reales de la DMO en columna lumbar que sirva como predictor de dichas fracturas, aunque se ha visto mayor prevalencia de FVO en pacientes que tienen osteopenia en vez de osteoporosis en la columna lumbar. (3,39,91,196–198)

La mayor parte de la investigación realizada en OP y FVO está dirigida al sexo femenino, dejando un poco desplazado al sexo masculino, esto se debe a que tiene una prevalencia de sólo el 13% en hombres mayores de 50 años (frente a 40% en las mujeres de la misma edad) y un riesgo de por vida del 15% de fracturas osteoporóticas en el mismo grupo de edad. (199). En nuestra investigación, de los 54 pacientes osteoporóticos, 48 son mujeres y de los 56 con osteopenia, 42 son mujeres.

De allí surge la idea de ampliar los estudios realizado por diferentes investigadores años atrás (8,9), y utilizar una prueba que se realiza de manera rutinaria a pacientes que sufren una FVO como es el TAC utilizando su herramienta GSI y que igualen los resultados obtenidos en las diferentes pruebas que sirven como complemento diagnóstico en la identificación y planificación y tratamiento de la FVO.

En nuestro proyecto de investigación, se estudiaron el 100% de los pacientes que acudieron con FV al servicio de urgencias del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, que refirieron dolor lumbar o traumatismo lumbar, desde agosto del 2020 a agosto del 2021.



## Universidad de Valladolid

Se valoraron 2890 cuerpos vertebrales mediante el uso de Rx (proyecciones Ap-lateral), y se hicieron las respectivas mediciones por medio del TAC GSI, así mismo se analizaron con RMN y se tomaron los valores obtenidos en la DXA (fémur total, fémur cuello, cuerpo vertebral).

Se realizó una distribución de la muestra por edad, sexo, talla, IMC, patologías médicas previas (que sirvió para sacar el índice de fragilidad modificado), fracturas previas, cuerpo vertebral fracturado, mecanismo de fractura, tipo de fractura, EVA, calculando la media y desviación estándar para las variables continuas y frecuencia absoluta y porcentaje para las variables categóricas. La prueba T de Student o la prueba de ANOVA, nos permitió comparar las medias obtenidas. Los estadísticos Pearson, Spearman y Chi cuadrado, las asociaciones entre las categóricas.

Fueron incluidos en el estudio 170 pacientes, de los cuales 48 eran hombres (28,2%) y 122 mujeres (71,8%). El rango de edad estuvo entre los 34 y 100 años, con una media de 73,64 y desviación típica de 12,215. En la distribución según el sexo, como lo demuestran diferentes estudios, nuestros resultados fueron bastantes similares, teniendo mayor presencia de mujeres y mayor prevalencia de FV en mujeres, estos datos son extrapolables a los resultados obtenidos por el estudio epidemiológico FRAVO en mujeres y Camargo en varones, ambos realizados en España, reportando una incidencia de FVO del 21,3% en mujeres y en varones mayores de 50 años y del 46% en mujeres mayores de 75 años, siendo este porcentaje mayor al de los varones de la misma edad (92,200). Esto podría estar explicado directamente por el efecto que tienen las hormonas y factores endocrinometabólicos, que se encargan de regular procesos como la menopausia, lactancia; entre otros. (56,91,201–204).

Hay pocos estudios que hagan una comparativa de las FVO entre hombres y mujeres, aunque los trabajos de investigación revisados demuestran una similitud respecto a la prevalencia de fracturas vertebrales con nuestro trabajo de investigación, expresando una edad media mayor de 60 años para ambos grupos, aunque es más frecuente en el sexo femenino, nuestra edad media fue de 76,15 años, siendo 75,05 años para varones y 76,56 años, para mujeres, de la misma manera demostramos que al igual que en muchos otros trabajos el riesgo de padecer una FVO aumenta con la edad, y se ha establecido en aproximadamente un 20-25 % entre las mujeres mayores de 50 años. (1,2,76,205) La percepción encontrada a la hora de recoger la muestra era que los hombres tenían mayor



## Universidad de Valladolid

tolerancia al dolor y menor necesidad de tratamiento analgésico, aunque en su mayoría tanto los hombres y mujeres (sobre todo los mayores de 70 años) eran renuentes a tomar tratamiento analgésico.

Es difícil hacer el diagnóstico de FV sin un claro episodio de traumatismo, como también es difícil saber la cronología y aparición de la sintomatología cardinal de nuestra patología como lo es el dolor, ya que en muchas ocasiones el paciente viene arrastrando y contando antecedentes de lumbalgias intermitentes que relacionan con el paso del tiempo y las actividades físicas previamente realizadas que hacen más difícil realizar una buen anamnesis. Varios estudios demostraron que, a pesar de su alta prevalencia y relevancia clínica, solo un tercio de los pacientes con fracturas vertebrales son conscientes que padecen una de ella. (18,192,206)

El diagnóstico precoz de la FV merece la pena, por varias razones, primero, la presencia de una o más FV, aumenta el riesgo de aparición de nuevas FV un 25% y la aparición de fracturas osteoporóticas también se ve aumentado (206,207). Segundo, mientras mayor sea el número de FV, peor será la calidad de vida de estos pacientes, disminuyendo sus actividades cotidianas, aumentando las necesidades de asistencia sociosanitarias para poder realizar sus actividades de la vida diaria, y la morbimortalidad. (135,208–210). Además, la identificación de FVO estudia y conduce a opciones terapéuticas efectivas para la prevención y tratamiento de las mismas.

Respecto al peso, encontramos un valor medio de 76,812kg (mínimo de 45kg y máximo 112kg), y una desviación típica de 12,8905. La media para la talla era de 1,64 m con una desviación de 0,6146, para así obtener valores de IMC con una media de 28,50 (mínimo 12,14 kg/m<sup>2</sup> y máximo 41). En este trabajo, se encontraron 40 mujeres con IMC $\geq$ 30. La principal dificultad a la hora de analizar y comparar estudios previos, es la escasa bibliografía reportada, donde se compare el peso por sexo. Son escasos los trabajos de investigación donde se incorpore la población masculina como parte de su muestra.

Numerosos son los trabajos que advierten de los errores técnicos ofrecidos por las radiografías, así como numerosas han sido las soluciones que aporta cada trabajo. (20,133,146,201,209,211)

En nuestro trabajo de investigación utilizamos criterios patomorfológicos para definir las FV, permitiéndonos establecer categóricamente según el mecanismo de la lesión, para así identificar el grado de inestabilidad y valorar el pronóstico de curación y posible



## Universidad de Valladolid

tratamiento. Es por ello que pedimos de entrada desde la urgencia una Rx en proyección AP y lateral del segmento probablemente afectado, ya que es la prueba más rápida y económica (54) que nos permite dar un acercamiento diagnóstico. Respaldada por muchos autores por ser la más accesible en cualquier ámbito sanitario y tener alta sensibilidad (3,200). En nuestro estudio logramos identificar 145 pacientes con FV de los cuales 106 eran mujeres (76,10%) y 39 hombres (26,89%).

Aunque muchos son los errores que se pueden evidenciar a la hora de analizar las Rx, este factor se minimizó en nuestro proyecto de investigación haciendo una capacitación en FV y siendo analizadas por un único profesional médico, con más de 5 años de experiencia en el campo de la traumatología. Es importante mencionar, que unas de las dificultades a la hora de clasificar las FV es la proyección analizada, ya reportada por autores como Díaz Curiel et al (3), ha sido este punto, donde no pudimos incorporar a un único técnico que se encargara de la realización de las pruebas, aunque cuando las proyecciones no tenían una adecuada calidad, era mandatorio repetir dicha prueba para mejorar los parámetros a estudiar.

Investigaciones pasadas han propuesto desde años enfoques estandarizados para describir las fracturas vertebrales, facilitando el diagnóstico de FVO y evaluando la gravedad o progresión que la enfermedad presenta con el paso del tiempo, también para descartar deformidades no asociadas a fracturas o variantes de la normalidad. (51,130,134,136,141,142,212,213)

Es bien conocido que las deformidades de la CV pueden ser producidas por diversas patologías que hay que tener presente a la hora de estudiarlas; es por ello que la correcta clasificación de las mismas solo se puede lograr mediante la interpretación exacta de las pruebas radiológicas, realizadas y valoradas por personal cualificado para ello.

En el estudio realizado por Hurxthal y colaboradores en 1968, donde miden la altura del cuerpo vertebral, ya se dan cuenta de los posibles errores que puede ofrecer utilizar un sistema de medición con valores absolutos, y considera que dichas las mediciones de la altura del cuerpo vertebral se tiene que realizar sólo para FV de origen traumático, degenerativos y excluir las de origen patológicas o progresivas.(134)

Denis y colaboradores, realizan un estudio en 412 lesiones toracolumbares, agregando el concepto de columna media. Infiere que esta 3er columna es crucial para identificar y definir tanto el tipo de fractura como las posibles lesiones neurológicas. Hace un



## Universidad de Valladolid

clasificación de la lesión, según la localización del daño, siendo menores las que se encuentran en los procesos transversales facetarios, pars interarticulares y procesos espinosos. Y define como lesiones graves: compresión, estallido, tipo cinturón de seguridad y fracturas luxaciones. (213)

Sauer y colaboradores, comparan cuatro métodos para identificar la presencia de fracturas vertebrales observadas radiológicamente (Hedlung y Gallagher, Melton y colaboradores, Davies y colaboradores, Minne y colaboradores), los 3 primeros estudian la relación de la altura del cuerpo vertebral en relación con la altura de los cuerpos vertebrales adyacentes dando como resultado el número de fracturas vertebrales; y el último relación a las alturas obtenidas de la medición de la columna anterior media y posterior de las vértebras entre T5 y L5 y las relaciona directamente con las alturas obtenidas en la medición de T4, permitiendo identificar no solo la vértebra fracturada sino cuantificar el alcance de la deformidad del raquis originada por dichas fracturas (índice de deformidad de la columna vertebral, SDI). Se relacionan los datos obtenidos en la medición de 62 radiografías de cuerpo vertebrales, con su columna anterior, media y posterior entre los cuerpos vertebrales de T4 y L5 obteniendo una correlación entre r: 0,56 y 0,83, evidenciaron también una diferencia evidente en el número medio de fracturas encontradas y una diferencia en la identificación de una vértebra como fracturada o no fracturada, concluyen que dicho método son fiables para cuantificar la osteoporosis espinal y nos permite realizar un adecuado seguimiento de las FVO y las deformidades que estas producen. (140)

En relación a los niveles frecuentemente afectados la charnela toracolumbar fue el asiento frecuente de nuestras fracturas, siendo la más frecuente L1 con un 24.82%, seguidas por T12 (20%), L2 (13,79%); resultados similares fueron obtenidos por Geusens et al en el estudio sobre la prevalencia e incidencia de FV y su asociación con la DMO en mujeres postmenopáusicas, donde encontró el siguiente orden de FV: 38,5% en L1, seguida de 37,4%, 25,3%, 23,5% para T12, L2, T11 y T8 respectivamente (52). La única limitante de este estudio es que sólo evalúa a mujeres con FV.

En nuestro trabajo la gran mayoría de FV son producidas por mecanismos traumáticos de baja energía seguidas por aquellas sin mecanismo traumático previo. En nuestro estudio considerábamos como fractura osteoporótica aquella donde el paciente no manifestaba un mecanismo traumático claro, y considerábamos como traumatismo de



## Universidad de Valladolid

baja energía cuando referían haber caído desde una silla o desde su altura mientras andaban caminando, logrando identificar así a 55 pacientes (37,93%) sin trauma previo, de los cuales 44 eran mujeres (80%) y 11 (20%) varones con una edad media de 75,55 años evidenciamos tanto en hombres como en mujeres que predominaban el grupo que estaba en rango mayores de 65 años (73,18%), de igual forma logramos identificar a 90 pacientes (62,06%) que describían mecanismo de baja energía de los cuales 64 de ellos (71,11%) fueron mujeres y 26 (28,88%) eran hombres, siendo significativo el grupo de las mujeres mayores de 65 años con un 44,44% en comparación con 24,07% en hombres de la misma edad. Evidenciamos que a mayor edad, mayor probabilidad de presentar una FV, esto debido a la pérdida ósea relacionada con la edad, y a las posibles comorbilidades que podrían existir en dichos pacientes como demencia, alteraciones del equilibrio, marcha con asistencia (bastones, muletas, andador); favoreciendo a pérdida fácil del equilibrio lo que se traduce en caídas susceptibles de fracturas. Sólo 1 paciente varón (0,68 %) sufrió una fractura causada por un traumatismo de alta energía (accidente de tráfico) en, ninguna mujeres.

Es difícil dar una definición clara de FV “traumática”, ya Díaz Curiel et al manifestaba que una fractura no traumática se tenía que considerar cuando el mecanismo era menor que la caída desde la bipedestación con los pies a nivel del suelo (3).

Kendler y colaboradores, indican que la incidencia y prevalencia de FV depende de la población estudiada y de la definición de FV y comentan que en El Estudio Canadiense Multicéntrico de Osteoporosis informó que en el 2015 el 21,5 % de hombres y el 23,5% de las mujeres en edades comprendidas entre 50 años o más, tenían al menos una deformidad por compresión vertebral. Mientras que en el estudio Noruego realizado por Tromso, encontró que el 20,3% de los hombres y el 19,2 % de las mujeres con edades comprendidas entre 70 años o más tenían al menos 1 FV, el 28% de las FV se encontraban en mujeres posmenopáusicas con DMO T-score  $>-2,5$ .(47)

En nuestra investigación, según el tipo de fractura la más frecuente fue la tipo A1 con 51 pacientes, seguidas de la A2 con 41 pacientes y la A3 con 24 pacientes, sólo una tipo B1. Estos datos son similares a los reportados por Noriega y Luengos en sus trabajos de investigación. (126,214)

Nuestros resultados respecto a las fracturas previas mostraron concordancia con los estudios citados previamente relacionados con éste punto (136,202,205),



## Universidad de Valladolid

evidenciando que en 91 pacientes (66 mujeres y 25 hombres) no tenían fracturas previas, mientras que en 26 pacientes sí tenían el antecedente de fractura previa, entre estas la fractura de pelvis, cadera y fémur proximal tenía mayor número de pacientes (6,20%) en comparación con la fractura de húmero proximal, radio distal y tobillo (4.13%, 4.82%, 0,68% respectivamente), mientras que en 28 pacientes (20,69%) presentaban fracturas vertebrales previas; estos resultados son similares a los obtenidos por Black y colaboradores donde reportan que la presencia de deformidades vertebrales predicen fracturas de cadera y nuevas deformidades vertebrales, pero no fracturas de muñeca, en el estudio prospectivo de fracturas osteoporóticas de 9704 mujeres mayores de 65 años, utilizando controles sucesivos de radiografías de CV durante un período aproximado de 8 años, identificando 389 pacientes con nuevas FV, 464 con fracturas de cadera y 574 con fracturas de muñeca. Encontró que las FV se asociaron con un riesgo de hasta 5 veces mayor (riesgo relativo 5.4, IC del 95 %: 4,4-6,6) de tener una nueva FV; el riesgo aumentó significativamente tanto con el número como con la gravedad de las FV. De igual forma, los riesgos de fracturas no vertebrales y de cadera aumentaron con la FV prevalente, con riesgos relativos de 2,8 (IC del 95 %: 2,3 a 3,4) y 1,9 (IC del 95 %: 1,7 a 2,1), respectivamente. (143)

Resultados similares reportaron Kendler y colaboradores, que indican que tanto en las FV sintomáticas como las asintomáticas, tienen un riesgo de hasta 3 veces más de presentar nuevas FV, y recomiendan un adecuado tratamiento farmacológico para prevenir FV futuras, sobre todo en aquellos pacientes con FV agudas, complicadas o en múltiples cuerpos vertebrales. (47) Steiger y colaboradores, estudiaron los cambios que producía las variaciones en la densidad ósea en relación con la edad del paciente. Estudiaron una cohorte de mujeres mayores de 65 años de cuatro ciudades de Estados Unidos, encontrando una fuerte relación inversa entre la densidad mineral ósea y la edad de los pacientes. El inconveniente de este trabajo de investigación es que no indica la cantidad de pacientes estudiados, sólo estudia a mujeres de raza blanca.(215)

Por otra parte, Melton y colaboradores, en su estudio realizado en una muestra aleatorizada estratificada por edad en mujeres de Rochester Minnesota, con una edad superior de 50 años, evidenciaron que las fracturas vertebrales con cuña anterior así como las fracturas vertebrales por compresión eran bastante comunes y aumentaba en relación con la edad, llegando a alcanzar 29,6 por cada 1000 mujeres con edades comprendidas

## Universidad de Valladolid

hoy entre 85 años o más. También observaron que la prevalencia de una o más fracturas vertebrales aumentó en relación con la disminución de la masa ósea alcanzando hasta un 42% en mujeres con una densidad mineral ósea de columna vertebral inferior al 0,6 mg/cm<sup>2</sup>, observando una asociación directa entre la edad y la osteoporosis.(136)

El índice de fragilidad modificado nos fue muy útil como herramienta para predecir las posibles complicaciones intra y postoperatorias. Dentro de ellas obtuvimos que 63 pacientes (38 mujeres y 13 varones) no tenían variables asociadas, y los restantes 56 presentaban 2 o más variables. Se observó que la HTA en tratamiento médico fue la más prevalente seguida por la DM y la insuficiencia cardíaca congestiva, la enfermedad vascular periférica la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (59.41%, 15.88%, 11.17%, 10.58% respectivamente). No observamos relación entre dichas patologías y el sexo de los pacientes. Aunque dicho índice nos ayudaba a predecir futuras complicaciones, no utilizamos el índice de fragilidad como método de exclusión de tratamiento quirúrgico.

A la hora de valorar el tratamiento médico de los pacientes con FV observamos una fuerte relación entre el consumo de medicamentos y FV, siendo más evidente la asociación de fracturas en los pacientes que tomaban 2 o más medicamentos. Dentro de ellos los más resaltantes son los betabloqueantes, IECAS, ARA II, diuréticos tiazídicos, diuréticos de asa, estatinas, anticoagulantes orales, corticoides, antidiabéticos orales y benzodiazepinas, esto debido a la alteración que producen dichos fármacos en la cascada metabólica y control óseo mineral, que tiene como reacción adversa alterar el equilibrio hacia una mayor pérdida y reabsorción del calcio. Dicha relación era más evidente en aquellos pacientes que tomaban hasta 4 o más tipos de fármacos distintos.

Como mencionamos anteriormente nos ayudamos no sólo de las pruebas de imagen (Rx, TAC) para tratar de manera conservadora en fracturas estables y quirúrgico en aquellos con criterios de inestabilidad (87–89); sino también del EVA, considerando un dolor incapacitante para ofrecer tratamiento quirúrgico.(3,26,30,81,87,97,216)

En lo referente al dolor, la FV aguda puede ir acompañada de un fuerte dolor y contractura muscular. Aunque es difícil definir el dolor, y sobre todo cuantificarlo, ya que es algo personal y único, existen herramientas que nos permiten cuantificarlo y tratarlo. Así pues la escala visual analógica (EVA) nos permite dar puntaje objetivo a la sensación dolorosa que manifiesta el paciente, sirviéndonos ésta no sólo para indicar un tratamiento



## Universidad de Valladolid

inicial, sino también un seguimiento y un tratamiento definitivo (farmacológico o quirúrgico). El tratamiento podría ir desde medidas generales que incluyen modificaciones de estilo de vida, cambios higiénico dietéticos, reposo relativo a corto plazo e inicio de tratamiento analgésico hasta tratamiento quirúrgico (cifoplastia/vertebroplastia), artrodesis; que se debe indicar según la complejidad y tipo de fractura (47,126). Al ser el dolor un síntoma subjetivo y personal en ocasiones es difícil cuantificarlo y puede tener resultados muy variables, sin relación alguna con el tipo de fractura que presenta el paciente, no teniendo este punto relevancia alguna por tipo o nivel de fractura.

Sobre la aplicación del TAC para cuantificar los minerales óseos, Genant y colaboradores, en 1987, estudiaron la aplicación del TAC como una herramienta no invasiva que determina cuantitativamente los minerales óseos, proporcionando una imagen cuantitativa que permite medir el hueso trabecular, cortical; en forma conjunta o de manera separada. Los resultados obtenidos por la Universidad de California en San Francisco, en las pruebas realizadas sobre las mediciones de masa ósea en más de 3000 pacientes, permiten dar una relación directa entre el uso del TAC, donde evidencian la pérdida ósea que está relacionada directamente con la edad. Concluyen que el TAC proporciona un medio confiable y seguro para evaluar y monitorizar la pérdida de calcio en el hueso, con una alta precisión, alta sensibilidad y gran potencial de aplicación. (193)

En el presente estudio se utilizó TAC GSI para medir las densidades de agua e HAP del cuerpo vertebral, específicamente el hueso esponjoso de L2 (87,64%) excepto en aquellos pacientes que tenían fracturado dicho cuerpo vertebral donde realizamos la medición en el hueso esponjoso de L3 (12,35), la intención era realizar una medición equiparable a las realizadas por el DXA, sin que se viera afectada por las alteraciones propias de las FV. Para tal razón se realizó mediciones globales del cuerpo vertebral, y mediciones por regiones de interés, para tratar de encontrar los límites exactos que pudieran dar una definición lo más cercana posible a la arrojada en el DXA. En los pacientes que fueron ingresados en el estudio con el diagnóstico de fractura vertebral se obtuvo una densidad global medida de HAP de 969,82 mg/cm<sup>3</sup> (mínimo de 840,5 mg/cm<sup>3</sup> y máximo de 1017 mg/cm<sup>3</sup>), mientras que la densidad global medida de Agua se obtuvo una media de 78,46 mg/cm<sup>3</sup> (con valores que van desde 23,53 mg/cm<sup>3</sup> hasta 152,20



## Universidad de Valladolid

mg/cm<sup>3</sup>). En aquellos pacientes que ingresaron en el estudio sin el diagnóstico de fractura vertebral la densidad global medida de HAP obtuvo una media de 972,24 mg/cm<sup>3</sup> (valores desde 946,6 mg/cm<sup>3</sup> hasta 1112 mg/cm<sup>3</sup>) con una media de 108,19 mg/cm<sup>3</sup> y una desviación de 25,56. Estos resultados fueron muy similares a los obtenidos por Shao descrito previamente. (8)

También pretendíamos utilizar el TAC GSI como herramienta diagnóstica para identificar fracturas agudas o crónicas y compararlos con los resultados obtenidos en la RMN (prueba de referencia que en presencia de edema describe una fractura como aguda), en este punto, de los 145 pacientes registrados como fracturas agudas, en el TAC GSI se identificó en 100% de ellos la presencia de edema en los cuerpos vertebrales afectados reportándose así como fracturas agudas, mientras que en aquellos pacientes que la RMN la reportaban como fractura crónica, a través del TAC GSI no se evidenció la presencia del edema en dichos cuerpos vertebrales. Estos resultados son equiparables a los obtenidos por Majumdar y Genant en 1995 que realizan una revisión de la RMN como herramienta diagnóstica y de seguimiento en la OP. Expresan que puede usarse para determinar los principales factores que contribuyen a la aparición de FVO, mediante la cuantificación de la densidad mineral ósea, estudiando la distribución espacial del hueso trabecular y la conectividad de la estructura ósea trabecular, pudiendo dar una información bastante certera sobre el riesgo que tiene un paciente de sufrir una FV, gracias a la relación que existe entre densidad, estructura y resistencia ósea. (217)

En este estudio, a la hora de analizar los resultados obtenidos en la RMN de los cuerpos vertebrales afectados, se obtuvo un 100% de casos que reportaban edema en ellos como manifestación de una fractura aguda o aguda/subaguda lo mismo sucedió con los pacientes que no se evidenciaba la presencia de edema en el CV; al revisar dichos casos, tanto los pacientes con FV agudas como aquellos con FV crónicas eran confirmados por el TAC GSI.

A la hora de analizar los resultados obtenidos en la DXA, en los pacientes con FV se evidenció que en 69 de ellos (47,58%) presentaban osteopenia en el cuello femoral 19 varones y 51 mujeres (27,53% y 73,91% respectivamente), 49 (33,79%) presentaban osteoporosis 36 varones y 14 mujeres (73,46% y 28,57% respectivamente). Cuando analizamos los resultados en la CV se obtuvo 51 pacientes con osteopenia siendo 14

## Universidad de Valladolid

varones y 39 mujeres (27,45% y 76,47% respectivamente), mientras que 48 de ellos tenían osteoporosis siendo 43 hombres y 6 mujeres (89,58% y 12,5% respectivamente).

En el análisis de las relaciones entre la densidad global total Agua, comparando el grupo de pacientes con fracturas vertebrales previas vs aquellos sin fracturas vertebrales previas, los resultados difieren, esto puede ser debido a las alteraciones que en los componentes del cuerpo vertebral que puede ir creciendo o decreciendo según pase el tiempo y mayor sea el desequilibrio de la microarquitectura ósea, mientras que al analizar los resultados obtenidos de la medición global total HAP en pacientes con fracturas vertebrales previas y sin fracturas previas se encontró que la media de la densidad global de HAP era igual en ambo grupos.

Como nuestra intención era no solo utilizar el TAC GSI para cuantificar la densidad mineral ósea sino también tratar de establecer unos valores cercanos que permitieran identificar a pacientes como sanos, osteopénicos u osteoporóticos, se incluyeron en nuestra muestra a 25 pacientes con dolor lumbar (sin diagnóstico ni sospecha de FV), que acudieron a la consulta de la unidad de columna del HUCV de los cuales 16 (64%) eran mujeres y 9 (36%) eran varones, ambos tenían una edad media de 59 años (mínima de 34 y máxima de 79 años). El peso medio fue de 76,36 Kg con una desviación de 6,31. La talla media fue de 1,66 m con una desviación de 0,0364, para un IMC medio de 27,43 (mínimo 23,8 y máximo de 33,98), desviación de 2,38. Ninguno de ellos presentaban el antecedente de fractura previa (vertebral o no vertebral). Sólo 5 pacientes referían tener un máximo de 3 patología el restante 20 eran sanos hasta el momento de la evaluación. A estos pacientes, previo consentimiento, se les realizó la solicitud de las pruebas realizadas a los pacientes con FV, para medir, analizar y comparar los distintos resultados entre los grupos. En ambos grupos se ejecutaron mediciones y análisis exactos para tratar de encontrar los resultados más precisos posibles. Dentro del resultado de RMN los 25 pacientes fueron identificados como pacientes sanos. El DXA identificó 15 pacientes normales, 5 con osteopenia y 5 con osteoporosis. En el análisis de TAC GSI, 23 pacientes no presentaban edema y en 2 se identificaba edema; este resultado puede ser debido a errores humanos por fatiga a la hora de analizar los cuerpos vertebrales, ya que dicha medición se hace dibujando cada ROI a mano alzada y analizando el mapa de colores vértebra por vértebra y en ventanas de Agua/HAP distintas.



## Universidad de Valladolid

En nuestro proyecto de investigación se trató de manera conservadora a 96 pacientes (66,20%) los mismos reportaron un EVA medio de 2.54, 1.82, 1.44 y 1.16 al 1er, 3er, 6to y 12avo mes, respectivamente. Se trató con cifoplastia a 40 pacientes (27,58%) con un EVA medio de 2.51, 1.10, 0.82 y 0.61 al 1r, 3ero, 6to y 12avo mes. 2 pacientes (1,37%) se les practicó vertebroplastia reportando EVA medios de 2, 0.5, 0.5 y 1 al 1er mes, 3ero, 6to y 12avo mes respectivamente. Sólo en 6 pacientes (4,13%) fueron sometidos a cifoplastia + artrodesis, con un EVA medio de 4.66, 3.3, 3.16, y 2.66 al 1er, 3er, 6to y 12avo mes, respectivamente.

Estudios realizados por Noriega y colaboradores, donde analizan el modelo tridimensional para la corrección de fracturas vertebrales evitando la artrodesis segmentaria, explica la importancia que tiene la restauración anatómica del cuerpo vertebral considerando la anatomía del mismo y la geometría de la articulación vertebral en su conjunto, para así obtener una redistribución de cargas adecuadas que eviten cambios en la normal transferencia de cargas, reduciendo así el riesgo de complicaciones asociadas. Relaciona los resultados obtenidos con la terapia quirúrgica más utilizada actualmente como es la cifoplastia con balón, que permite obtener una adecuada ganancia de la altura del anillo cortical, cifosis vertebral, disminución del dolor y disminución de alteraciones en eje sagital y coronal, versus la vertebroplastia; donde no se recupera la altura vertebral. (125)

Respecto a la cifoplastia + artrodesis, existe controversias respecto a su indicación en fracturas A3 de la AO, donde habitualmente se indica cifoplastia con implante de titanio percutáneo intravertebral expandible + artrodesis con fijación posterior con tornillos pediculares y fijación con barras, en éste sentido, en un estudio publicado por Noriega G y colaboradores, sobre una serie de casos consecutivos de 44 pacientes con fracturas traumáticas toracolumbar agudas (< 2 semanas) tipo A3 de la AO, con un seguimiento medio de 5.6 años, donde se realizan valoraciones antes y después del procedimiento quirúrgico de los resultados clínicos de intensidad del dolor en la escala analógica visual (EVA), índice de discapacidad de Oswestry (ODI), consumo de analgésicos, y los resultados obtenidos en las radiografías (medición de la altura del cuerpo vertebral anterior/medio/posterior, área vertebral, ángulo de cifosis local, angulación regional traumática), evidenciando al mes de la cirugía mejoras significativas en la puntuación EVA y la puntuación ODI. La técnica con el implante expandible de titanio logró una



## Universidad de Valladolid

restauración significativa de la altura del cuerpo vertebral con aumentos de altura promedio de 2,9 mm/4,3 mm/2,3 mm para las partes anterior/media/posterior, respectivamente. Se logró una corrección significativa del ángulo cifótico local y una mejora de la angulación regional traumática. Demostrando que en el tratamiento de las fracturas tipo A3 es un método seguro y eficaz, que ofrece mejoría clínica significativa, así como la restauración anatómica del cuerpo vertebral; en comparación con otros tratamientos, los resultados se mantuvieron en el tiempo, permitiendo una mejoría clínica y funcional a largo plazo con reportes de complicaciones muy por debajo de las publicadas con otros sistemas de fijación. (127)

Tras analizar los datos más relevantes encontrados en esta investigación se procede a relacionar las variables DXA, TAC GSI y RMN, en pacientes con y sin OP diagnosticados por DXA, realizando una Regresión Logística y Curva de ROC (COR) que nos permitió identificar el punto de corte óptimo que nos sirva para definir la patología.

El estudio de regresión logística binaria nos permitió predecir un paciente con osteoporosis de uno sano, por medio de sus dos indicadores (0 para sanos y 1 para enfermos), obteniendo un modelo como resultado de las combinaciones entre variables independientes, con una capacidad de predicción de casi el 100% (99,7%), logrando identificar correctamente a los pacientes según si tiene o no la enfermedad, con un IC menor de 0,5. Estos resultados eran los resultados esperados, ya que dentro de los objetivos del proyecto estaba utilizar pruebas diagnósticas que actualmente son el Gold estándar para diagnóstico de osteoporosis (DXA) y fracturas agudas (RMN).

Tras haber encontrado una prueba que nos permitiera predecir casi el 100% de los pacientes enfermo, buscamos un modelo de regresión logística que permita predecir OP por medio del TAC GSI contrastada con DXA como prueba de oro. No se perdió ningún caso de la muestra. Fueron introducidas manualmente todas las variables independientes correspondientes a las mediciones obtenidas por ROI tanto para Agua (TAC Water 1A...) como para HAP (TAC HAP 1A...), evidenciando que Chi-cuadrado va aumentando hasta 69,675 con un valor de  $p=0,000$  lo que indica una mejoría en el modelo de regresión logística lo que nos permite concluir que la mejora del modelo es significativa. Obtuvimos unos rangos de variables independientes que se podrían identificar mejor como áreas de interés, fueron 3 regiones medidas en ventana HAP y 2 medidas en ventana Water, con un valor p menor de 0,001; 0,012, 0,008, 0,005 y 0,000; todas menores de 0,05. Tras

## Universidad de Valladolid

aplicarle la curva ROC para contrastarlo con la prueba de oro (DXA) se obtuvo que la capacidad de predicción de la prueba es de 79,9%, logrando identificar correctamente a los pacientes en este porcentaje; un  $IC < 0,05$ , y  $p=0,000$ .

Con el afán de encontrar el mejor punto de corte para identificar como enfermo de OP mediante TAC GSI, se buscó la certeza diagnóstica con un 90% de sensibilidad, 5% de precisión, nivel de confianza del 95%. Identificando los valores predictivos, la razón de verosimilitud, prevalencia, sensibilidad y especificad para los 170 pacientes y tras comparar las curvas COR de ambas pruebas (DXA y TAC GSI) se podría decir que el TAC GSI puede predecir OP según AUC en un 85% contra un 95% del estándar de oro. Logrando identificar 50 VN y 4 FP contra 54 VN y 0 FP de la DXA.

Finalmente y tras análisis de las ROI, encontramos que los resultados reportados en ellas discrimina a los enfermos de OP en un 80%, siendo TAC 2B Water la que tenía menos  $\text{mg}/\text{cm}^3$  de agua en el cuerpo vertebral, logrando identificar en ella 83 VP, 15 FP, 33 FN y 39 VN, con una sensibilidad de 0,71 (92,6% especificidad de 0,722 y una prevalencia de 0,682353; con una razón de similitud de +LR:2,58 y -LR: 0,39 y un  $p=0,000$ ). El área bajo la curva indica un 75% de probabilidad de clasificar a los pacientes correctamente con dicha prueba, con VPP de 98 y VPN de 72. La medición volumétrica de la cantidad de agua en ROI TAC 2B demostró la utilidad que tiene el TAC GSI para predecir OP, localizando en  $66,99 \text{ mg}/\text{cm}^3$  o menor a ese valor, la medida para identificar a un paciente con OP.

En contraposición, la cantidad de HAP medida por TAC GSI global o por ROI no permiten realizar el diagnóstico de OP.

Es por esta razón que el TAC GSI específicamente la ROI medida en TAC GSI 2B Water puede servir como herramienta diagnóstica de OP, logrando con una única prueba obtener múltiples resultados diagnósticos, disminuyendo así el número de estudios de imagen que actualmente se realizan para diagnosticar, tratar y valorar la evolución de la OP y las complicaciones asociadas, mejorando así la certeza diagnóstica.

La prueba es fácilmente aplicable y reproducible. Aunque se necesitan realizar dibujos a mano alzada con herramientas digitales, se podría preparar a técnicos de imagen o especialistas para hacer la adecuada toma de las imágenes y las respectivas mediciones.

Una de las limitantes observada en este trabajo de investigación ha sido la pandemia mundial por la cual hemos pasado. El virus SARS COVID al principio era completamente



---

## Universidad de Valladolid

desconocido y temido, no solo por los pacientes sino por el personal de salud. Al principio el rechazo de los pacientes por tal situación era evidente, y tal rechazo fue disminuyendo a medida que se ofrecían herramientas diagnósticas y terapéuticas del virus.

Otra de las limitantes es que al precisar las mediciones un personal humano, muchas veces se sufría fatiga ocular y mental, sobre todo cuando se analizaban grandes grupos de pacientes.

También observamos que, por desconocimiento de algunos técnicos de rayos, no siempre se obtenía el TAC con su herramienta GSI, teniendo que descartar el paciente ya que no se podían hacer las respectivas mediciones en ventanas Water/HAP.

## 7 CONCLUSIONES

EL TAC GSI podría servir como herramienta diagnóstica no sólo para valorar la evolución de una fractura vertebral, sino también para valorar cuantitativamente la densidad mineral ósea, pudiendo sustituir a pruebas Gold estándar como la RMN o la DXA. De allí la importancia de realizar estudios preliminares que permitan examinar, analizar y seleccionar un método y tratamiento adecuado.

Cuando comparamos los resultados obtenidos con la prueba gold estándar que cuantifica la DMO como lo es la DXA, el TAC GSI nos sirve también como prueba diagnóstica, para clasificar un CV como sano o afecto de OP. Para realizar dicho estudio en los CV es preciso realizar mediciones en ROI de los CV seleccionados y obtener parámetros específicos en ventana Water HAP e HAP Water, que nos permita hacer una adecuada medición volumétrica.

Dentro de todas las ROI medidas en el CV lumbar, se puede utilizar específicamente la ROI 2B en su ventana WATER para hacer el diagnóstico exacto cuantitativo de la densidad ósea.

La medición volumétrica de la cantidad de agua en ROI TAC 2B demostró la utilidad que tiene el TAC GSI para predecir OP, localizando en  $66,99 \text{ mg/cm}^3$  o menor a ese valor, la medida para identificar a un paciente con OP. En contraposición, la cantidad de HAP medida por TAC GSI global o por ROI no permiten realizar el diagnóstico de OP.

Gracias a los análisis estadísticos, se observó que si la cantidad de agua encontrada por TAC GSI es mayor a  $86,76$  disminuye notablemente la presencia de OP. Así mismo se observó que si la cantidad de agua es mayor a  $86,76$  disminuye considerablemente el riesgo de padecer una FV.

La inestabilidad de la FV (medida por medio de los estudios de imagen) sumado al dolor incapacitante sirven como herramienta para valorar el tratamiento definitivo para la FV, sea conservador o quirúrgico.

Según el IFm mientras mayor sea el IF mayor será la probabilidad de observar la aparición de fracturas vertebrales o no vertebrales.

La cifoplastia como tratamiento quirúrgico mejora el EVA en las consultas sucesivas, no viéndose dicha mejoría en los pacientes tratados de manera conservadora.



## Universidad de Valladolid

Dentro del grupo de pacientes intervenidos quirúrgicamente, aquellos con IFm más alto tenían mejor EVA y mejor calidad de vida en consultas sucesivas. Aunque el grado de satisfacción encontrado en los pacientes era de regular a bueno en aquellos pacientes intervenidos con cifoplastia, en aquellos pacientes que fueron sometidos a Cifoplastia + artrodesis y los de tratamiento conservador, describieron resultados regulares en cuanto al grado de satisfacción, por la persistencia del dolor lumbar por más de 4 meses.

A la hora de comparar el TAC GSI con la RMN, encontramos que los resultados son equiparables a los obtenidos en cuanto a la presencia o ausencia de edema, que nos ayudan a clasificar una fractura como aguda o crónica. Aunque dicha prueba no tiene la calidad ofrecida por la RMN en cuanto a la valoración en el paciente neurológico.

Respecto al consumo de fármacos, existe una relación directa entre FV y su asociación con el consumo de fármacos, siendo más elevada en aquellos pacientes que consumen 2 o más clases de fármacos distintas.

Para estudios posteriores hay que considerar que más de la mitad de la muestra tenía HTA en tratamiento médico y casi la mitad (60), tiene edades entre 71 y 80 años, de las cuales 48 son mujeres y 12 varones. Así mismo, 71% de la muestra eran mujeres. De los 170 pacientes, 125 presentaban edema, y de ellos 54 tenían osteoporosis y 56 osteopenia. De los 54 pacientes osteoporóticos, 48 son mujeres y de los 56 con osteopenia, 42 son mujeres. La mayor cantidad de pacientes con osteoporosis (21 de los 54) se encuentran en las edades entre 81 y 100 años pero con osteopenia se encuentran entre 71 a 100 años (39 de los 56).

También se dejaría abierto para futuras investigaciones la búsqueda de valores exactos de  $\text{mg/cm}^3$  que debe poseer una vértebra para poder hacer una discriminación exacta entre pacientes sanos y pacientes con osteopenia. Ya que hasta ahora se logró encontrar valores aproximados de OP (0 a 66,99) quedando una brecha en estudio en aquellos pacientes que se localizan mayores a 66,99 para poder identificarlos como pacientes con osteopenia o pacientes sanos.

Finalmente se recomienda replicar y ampliar la n de pacientes controles, para confirmar los límites mínimos y máximos establecidos para clasificar a un paciente como Normal, Osteopénico u Osteoporótico.



---

## Universidad de Valladolid

Merece la pena hacer la inversión inicial en la adquisición del Software de análisis del TAC GSI, así como también capacitar y fomentar a los médicos radiólogos para el uso del mismo a la hora de analizar no sólo el comportamiento de la FV vertebral, sino a la hora de estudiar las diferentes enfermedades que afectan la columna vertebral.



## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Cauley JA, Hochberg MC, Lui LY, Palermo L, Ensrud KE, Hillier TA, et al. Long-term risk of incident vertebral fractures. *J Am Med Assoc.* 2007;298(23):2761–7.
2. Larrondo R, Beaulieu L, Álvarez F, Beaulieu AM, Larrondo V, Bianchi S. Fractura Vertebral Osteoporótica En El Adulto Mayor. *Rev Médica Clínica Las Condes.* 2020;31(5–6):430–40.
3. Galovich LA, Rodríguez LA, Badía X, Blanch J, Bohórquez C, Ciria M, et al. La fractura vertebral en la práctica clínica. *Fhoemo.* 2005;99.
4. Ishii K, Chiba K, Maruiwa H, Nakamura M, Matsumoto M, Toyama Y. Pathognomonic radiological signs for predicting prognosis in patients with chronic atlantoaxial rotatory fixation. *J Neurosurg Spine.* 2006 Nov;5(5):385–91.
5. Samartzis D, Shen FH, Herman J, Mardjetko SM. Atlantoaxial rotatory fixation in the setting of associated congenital malformations: a modified classification system. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010 Feb;35(4):E119-27.
6. Landi A, Pietrantonio A, Marotta N, Mancarella C, Delfini R. Atlantoaxial rotatory dislocation (AARD) in pediatric age: MRI study on conservative treatment with Philadelphia collar - Experience of nine consecutive cases. *Eur Spine J.* 2012;21(SUPPL. 1):94–9.
7. Pang D, Li V. Atlantoaxial rotatory fixation: part 2--new diagnostic paradigm and a new classification based on motion analysis using computed tomographic imaging. *Neurosurgery.* 2005 Nov;57(5):941–53.
8. Shao W-G, Liu D-M. Gemstone spectral imaging for measuring adult bone mineral density. *Exp Ther Med.* 2016 Oct;12(4):2773–7.
9. Wang Y, Jiang C, He W, Ai K, Ren X, Liu L, et al. Targeted Imaging of Damaged Bone in Vivo with Gemstone Spectral Computed Tomography. *ACS Nano.* 2016;10(4):4164–72.
10. Guleryuz A, Bagdatoglu C, Duce MN, Talas DU, Celikbas H, Köksel T. Grisel's syndrome. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas.* 2002 Jan;9(1):81–4.
11. John JD, Saravana Kumar G, Yoganandan N. Cervical spine morphology and ligament property variations: A finite element study of their influence on sagittal bending characteristics. *J Biomech [Internet].* 2019;85:18–26. Available from:



- <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.12.044>
12. Gregg L, Gailloud P. Neurovascular anatomy: Spine [Internet]. 1st ed. Vol. 176, Handbook of Clinical Neurology. Elsevier B.V.; 2021. 33–47 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64034-5.00007-9>
  13. Bogduk N. The Innervation of the Vertebral Column. Aust J Physiother [Internet]. 1985;31(3):89–94. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60626-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60626-7)
  14. Rivas L, Betancourt L. Biomecánica de la columna lumbar.pdf. Medigraphic. 2019. p. 185–91.
  15. V. Sousa; J. C. P. Claro. Simplified multibody model for dynamic loading analysis of the lumbar human spine. 2015 IEEE 4th Port Meet Bioeng [Internet]. 2015; Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7088888/authors#authors>
  16. Pang D, Li V. Atlantoaxial rotatory fixation: Part 1--Biomechanics of normal rotation at the atlantoaxial joint in children. Neurosurgery. 2004 Sep;55(3):614–6.
  17. Roche CJ, O'Malley M, Dorgan JC, Carty HM. A pictorial review of atlanto-axial rotatory fixation: key points for the radiologist. Clin Radiol. 2001 Dec;56(12):947–58.
  18. Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, et al. Osteoporosis in the European Union: Medical management, epidemiology and economic burden: A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). Arch Osteoporos. 2013;8(1–2).
  19. Vahidi G, Rux C, Sherk VD, Heveran CM. Lacunar-canalicular bone remodeling: Impacts on bone quality and tools for assessment. Bone. 2021 Feb;143:115663.
  20. Barron RL, Oster G, Grauer A, Crittenden DB, Weycker D. Determinants of imminent fracture risk in postmenopausal women with osteoporosis. Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA. 2020 Nov;31(11):2103–11.
  21. Unnanuntana A, Gladnick BP, Donnelly E, Lane JM. The assessment of fracture risk. J Bone Joint Surg Am. 2010 Mar;92(3):743–53.
  22. Hawkins F, Garla V, Allo G, Males D, Mola L, Corpas E. Senile and



## Universidad de Valladolid

- Postmenopausal Osteoporosis: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment [Internet]. *Endocrinology of Aging*. Elsevier Inc.; 2021. 131–169 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819667-0.00005-6>
23. Petit MA, Beck TJ, Kontulainen SA. Examining the developing bone: What do we measure and how do we do it? *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2005;5(3):213–24.
  24. Weaver CM. The role of nutrition on optimizing peak bone mass. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2008;17 Suppl 1:135–7.
  25. Kanis JA, McCloskey E V., Johansson H, Cooper C, Rizzoli R, Reginster JY. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2013;24(1):23–57.
  26. CJ. R. The Epidemiology and Pathogenesis of Osteoporosis. [Internet]. [Updated 2020 Jun 21]. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., editors. *Endotext* [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. 2020. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279134/>
  27. A C. Osteoporosis, Osteomalacia y Enfermedad de Paget en afecciones médico quirúrgicas para fisioterapeutas. In: *Osteoporosis, Osteomalacia y Enfermedad de Paget en afecciones médico quirúrgicas para fisioterapeutas*. PANAMERICA. Madrid; 2016. p. 597–612.
  28. Svedbom A, Hernlund E, Ivergård M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, et al. Osteoporosis in the European Union: a compendium of country-specific reports. *Arch Osteoporos* [Internet]. 2013/10/11. 2013;8(1):137. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24113838>
  29. Naves M, Díaz-López JB, Gómez C, Rodríguez-Rebollar A, Serrano-Arias M, Cannata-Andía JB. Prevalence of osteoporosis in men and determinants of changes in bone mass in a non-selected Spanish population. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2005 Jun;16(6):603–9.
  30. Coughlan T, Dockery F. CME GERIATRIC MEDICINE Osteoporosis and fracture risk in older people. *Clin Med (Northfield Il)*. 2014;14(2):187–91.
  31. Engelke K, Adams JE, Ambrecht G, Augat P, Bogado CE, Bouxsein ML, et al. Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative



## Universidad de Valladolid

- computed tomography in the management of osteoporosis in adults: the 2007 ISCD Official Positions. *J Clin Densitom Off J Int Soc Clin Densitom.* 2008;11(1):123–62.
32. Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, Hanley DA, Barton I, Broy SB, et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA.* 2001 Jan;285(3):320–3.
  33. Sweet MG, Sweet JM, Jeremiah MP, Galazka SS. Diagnosis and treatment of osteoporosis. *Am Fam Physician.* 2009 Feb;79(3):193–200.
  34. Lewiecki EM, Laster AJ, Miller PD, Bilezikian JP. More bone density testing is needed, not less. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2012 Apr;27(4):739–42.
  35. Wainwright SA, Marshall LM, Ensrud KE, Cauley JA, Black DM, Hillier TA, et al. Hip fracture in women without osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab.* 2005 May;90(5):2787–93.
  36. Gehlbach S, Saag KG, Adachi JD, Hooven FH, Flahive J, Boonen S, et al. Previous fractures at multiple sites increase the risk for subsequent fractures: the Global Longitudinal Study of Osteoporosis in Women. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2012 Mar;27(3):645–53.
  37. Edwards BJ, Bunta AD, Simonelli C, Bolander M, Fitzpatrick LA. Prior fractures are common in patients with subsequent hip fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Aug;461:226–30.
  38. Siris ES, Adler R, Bilezikian J, Bolognese M, Dawson-Hughes B, Favus MJ, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: a position statement from the National Bone Health Alliance Working Group. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2014 May;25(5):1439–43.
  39. Cosman F, de Beur SJ, LeBoff MS, Lewiecki EM, Tanner B, Randall S, et al. Clinician’s Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2014 Oct;25(10):2359–81.
  40. Fisiopatología de la osteoporosis. *Rev Osteoporos Metab Min .* 2010;2(2):5–17.
  41. Becker C. Pathophysiology and clinical manifestations of osteoporosis. *Clin Cornerstone.* 2008;9(2):42–50.



## Universidad de Valladolid

42. Kular J, Tickner J, Chim SM, Xu J. An overview of the regulation of bone remodelling at the cellular level. *Clin Biochem*. 2012 Aug;45(12):863–73.
43. Myneni VD, Mezey E. Regulation of bone remodeling by vitamin K2. *Oral Dis*. 2017 Nov;23(8):1021–8.
44. Tella SH, Gallagher JC. Prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2014 Jul;142:155–70.
45. Melton LJ 3rd, Crowson CS, O’Fallon WM, Wahner HW, Riggs BL. Relative contributions of bone density, bone turnover, and clinical risk factors to long-term fracture prediction. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2003 Feb;18(2):312–8.
46. Curtis EM, Moon RJ, Dennison EM, Harvey NC CC. Recent advances in the pathogenesis and treatment of osteoporosis. *Clin Med (Lond)*. 2015;15(Suppl 6(Suppl 6):s92-s96. doi:10.7861/clinmedicine.15-6-s92).
47. Kendler DL, Bauer DC, Davison KS, Dian L, Hanley DA, Harris ST, et al. Vertebral Fractures: Clinical Importance and Management. *Am J Med*. 2016 Feb;129(2):221.e1-10.
48. Briot K. Bone and glucocorticoids. *Ann Endocrinol (Paris)* [Internet]. 2018;79(3):115–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ando.2018.04.016>
49. Lane NE. Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *Am J Obstet Gynecol*. 2006 Feb;194(2 Suppl):S3-11.
50. Sosa M, Saavedra P, de Tejada MJG, Navarro M, Cabrera D, Melton LJ 3rd. Trends in the incidence of hip fracture in Gran Canaria, Canary Islands, Spain: 2007-2011 versus 1989-1993. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2015 Apr;26(4):1361–6.
51. Black DM, Palermo L, Nevitt MC, Genant HK, Christensen L, Cummings SR. Defining incident vertebral deformity: a prospective comparison of several approaches. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 1999 Jan;14(1):90–101.
52. Geusens P, Kendler DL, Fahrleitner-Pammer A, López-Romero P, Marin F. Distribution of Prevalent and Incident Vertebral Fractures and Their Association with Bone Mineral Density in Postmenopausal Women in the Teriparatide Versus Risedronate VERO Clinical Trial. *Calcif Tissue Int*. 2020 Jun;106(6):646–54.



## Universidad de Valladolid

53. Ismail AA, O'Neill TW, Cooper C, Silman AJ. Risk factors for vertebral deformities in men: relationship to number of vertebral deformities. European Vertebral Osteoporosis Study Group. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2000 Feb;15(2):278–83.
54. Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M, Armbrecht G, Ismail AA, Finn JD, et al. Incidence of vertebral fracture in Europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2002 Apr;17(4):716–24.
55. Costa AG, Wyman A, Siris ES, Watts NB, Silverman S, Saag KG, et al. When, where and how osteoporosis-associated fractures occur: An analysis from the global longitudinal study of osteoporosis in women (GLOW). *PLoS One.* 2013;8(12).
56. Clynes MA, Harvey NC, Curtis EM, Fuggle NR, Dennison EM, Cooper C. The epidemiology of osteoporosis. *Br Med Bull.* 2020 May;133(1):105–17.
57. Balasubramanian A, Zhang J, Chen L, Wenkert D, Daigle SG, Grauer A, et al. Risk of subsequent fracture after prior fracture among older women. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2019 Jan;30(1):79–92.
58. Miller EK, Neuman BJ, Jain A, Daniels AH, Ailon T, Sciubba DM, et al. An assessment of frailty as a tool for risk stratification in adult spinal deformity surgery. *Neurosurg Focus.* 2017;43(6):1–7.
59. Whiting SJ, Vatanparast H, Baxter-Jones A, Faulkner RA, Mirwald R, Bailey DA. Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J Nutr.* 2004 Mar;134(3):696S-700S.
60. Holick MF. High prevalence of vitamin D inadequacy and implications for health. *Mayo Clin Proc.* 2006 Mar;81(3):353–73.
61. Heaney RP. Vitamin D, nutritional deficiency, and the medical paradigm. Vol. 88, *The Journal of clinical endocrinology and metabolism.* United States; 2003. p. 5107–8.
62. Cianferotti L, Bertoldo F, Bischoff-Ferrari HA, Bruyere O, Cooper C, Cutolo M, et al. Vitamin D supplementation in the prevention and management of major chronic diseases not related to mineral homeostasis in adults: research for evidence



## Universidad de Valladolid

- and a scientific statement from the European society for clinical and economic aspects of osteoporosis. *Endocrine*. 2017 May;56(2):245–61.
63. Weber P. Vitamin K and bone health. *Nutrition*. 2001 Oct;17(10):880–7.
  64. Nieves JW. Osteoporosis: the role of micronutrients. *Am J Clin Nutr*. 2005 May;81(5):1232S-1239S.
  65. McLean RR, Jacques PF, Selhub J, Tucker KL, Samelson EJ, Broe KE, et al. Homocysteine as a predictive factor for hip fracture in older persons. *N Engl J Med*. 2004 May;350(20):2042–9.
  66. Li H, Wallin M, Barregard L, Sallsten G, Lundh T, Ohlsson C, et al. Smoking-Induced Risk of Osteoporosis Is Partly Mediated by Cadmium From Tobacco Smoke: The MrOS Sweden Study. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2020 Aug;35(8):1424–9.
  67. Jang H-D, Hong J-Y, Han K, Lee JC, Shin B-J, Choi S-W, et al. Relationship between bone mineral density and alcohol intake: A nationwide health survey analysis of postmenopausal women. *PLoS One*. 2017;12(6):e0180132.
  68. Pereira Duarte M, Lencina O, Camino Willhuber G, Kido G, Julio B, Petracchi M, et al. [La Frailty as a predictor index in spine surgery]. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba*. 2021;78(1):9–16.
  69. Morley J. NIH Public Access Frailty consensus. *J Am Med Dir Assoc*. 2014;14(6):392–7.
  70. Saxton A, Velanovich V. Preoperative frailty and quality of life as predictors of postoperative complications. *Ann Surg*. 2011 Jun;253(6):1223–9.
  71. Rockwood K, Song X, MacKnight C, Bergman H, Hogan DB, McDowell I, et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *Cmaj*. 2005;173(5):489–95.
  72. Rubinfeld I, Farooq M, Velanovich V, Syed Z. Predicting Surgical Risk: How Much Data is Enough? *AMIA Annu Symp Proc*. 2010;2010:777–81.
  73. Ensrud KE, Lui L-Y, Taylor BC, Schousboe JT, Donaldson MG, Fink HA, et al. A comparison of prediction models for fractures in older women: is more better? *Arch Intern Med*. 2009 Dec;169(22):2087–94.
  74. Legrand E, Chappard D, Pascaretti C, Duquenne M, Krebs S, Rohmer V, et al. Trabecular bone microarchitecture, bone mineral density, and vertebral fractures



## Universidad de Valladolid

- in male osteoporosis. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2000 Jan;15(1):13–9.
75. Jiang Y, Lu Y, Jiang X, Hu J, Li R, Liu Y, et al. Glucocorticoids induce osteoporosis mediated by glucocorticoid receptor-dependent and -independent pathways. *Biomed Pharmacother [Internet].* 2020;125:109979. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332220301694>
76. Incidencia de fractura vertebral en Europa : resultados del European Prospective Osteoporosis Study ( EPOS ). 2002;
77. Leder BZ, LeBlanc KM, Schoenfeld DA, Eastell R, Finkelstein JS. Differential effects of androgens and estrogens on bone turnover in normal men. *J Clin Endocrinol Metab.* 2003 Jan;88(1):204–10.
78. Bassett JHD, Williams GR. Critical role of the hypothalamic-pituitary-thyroid axis in bone. *Bone.* 2008 Sep;43(3):418–26.
79. Khosla S, Melton LJ 3rd, Wermers RA, Crowson CS, O’Fallon W m, Riggs B l. Primary hyperparathyroidism and the risk of fracture: a population-based study. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 1999 Oct;14(10):1700–7.
80. Burge R, Dawson-Hughes B, Solomon DH, Wong JB, King A, Tosteson A. Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005-2025. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2007 Mar;22(3):465–75.
81. Briot K, Cortet B, Trémollières F, Sutter B, Thomas T, Roux C, et al. Male osteoporosis: Diagnosis and fracture risk evaluation. *Jt Bone Spine.* 2009;76(2):129–33.
82. Singer BR, McLauchlan GJ, Robinson CM, Christie J. Epidemiology of fractures in 15 000 adults. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80-B(2):243–8.
83. Kiebzak GM, Beinart GA, Perser K, Ambrose CG, Siff SJ, Heggeness MH. Undertreatment of osteoporosis in men with hip fracture. *Arch Intern Med.* 2002 Oct;162(19):2217–22.
84. Walsh JS, Eastell R. Osteoporosis in men. *Nat Rev Endocrinol.* 2013 Nov;9(11):637–45.
85. Thomas-John M, Codd MB, Manne S, Watts NB, Mongey A-B. Risk factors for the development of osteoporosis and osteoporotic fractures among older men. *J*



## Universidad de Valladolid

- Rheumatol. 2009 Sep;36(9):1947–52.
86. Ettinger B, Ensrud KE, Blackwell T, Curtis JR, Lapidus JA, Orwoll ES. Performance of FRAX in a cohort of community-dwelling, ambulatory older men: the Osteoporotic Fractures in Men (MrOS) study. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2013 Apr;24(4):1185–93.
  87. Dai L. Principles of management of thoracolumbar fractures. *Orthop Surg*. 2012 May;4(2):67–70.
  88. Weng Dennis HH, Tak HH. A Review of Thoracolumbar Spine Fracture Classifications. *J Orthop Trauma*. 2011;1:1–5.
  89. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*. 1994;3(4):184–201.
  90. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Nov;38(23):2028–37.
  91. Pizzato S, Trevisan C, Lucato P, Girotti G, Mazzochin M, Zanforlini BM, et al. Identification of asymptomatic frailty vertebral fractures in post-menopausal women. *Bone* [Internet]. 2018;113(April):89–94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2018.05.007>
  92. Olmos JM, Hernández JL, Martínez J, Pariente E, Castillo J, Prieto-Alhambra D, et al. Prevalence of vertebral fracture and densitometric osteoporosis in Spanish adult men: The Camargo Cohort Study. *J Bone Miner Metab* [Internet]. 2018;36(1):103–10. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00774-017-0812-0>
  93. Roy DK, O'Neill TW, Finn JD, Lunt M, Silman AJ, Felsenberg D, et al. Determinants of incident vertebral fracture in men and women: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2003 Jan;14(1):19–26.
  94. Terapeútica LP. Capítulo 67 - Clasificación Fracturas Columna Vertebral Toraco. 1983;(3):328–31.
  95. Rohlmann A, Zander T, Bergmann G. Spinal loads after osteoporotic vertebral



## Universidad de Valladolid

- fractures treated by vertebroplasty or kyphoplasty. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc.* 2006 Aug;15(8):1255–64.
96. Jarvik JG, Deyo RA. Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. *Ann Intern Med.* 2002 Oct;137(7):586–97.
  97. Orellana-Centeno JE, Morales-Castillo V, Gonzáles-Osorio M. Escala Visual Análoga Wong-Baker FACES® y su Utilidad en la Odontología Infantil. *Salud y Adm [Internet].* 2018;5(15):51–7. Available from: file:///C:/Users/admin/Downloads/117-Texto del artículo-267-1-10-20190202.pdf
  98. Ruiz Santiago F, Tomás Muñoz P, Moya Sánchez E, Revelles Paniza M, Martínez Martínez A, Pérez Abela AL. Classifying thoracolumbar fractures: role of quantitative imaging. *Quant Imaging Med Surg.* 2016 Dec;6(6):772–84.
  99. Shah LM, Jennings JW, Kirsch CFE, Hohenwarter EJ, Beaman FD, Cassidy RC, et al. ACR Appropriateness Criteria(®) Management of Vertebral Compression Fractures. *J Am Coll Radiol.* 2018 Nov;15(11S):S347–64.
  100. Camacho PM, Petak SM, Binkley N, Diab DL, Eldeiry LS, Farooki A, et al. American association of clinical endocrinologists/American college of endocrinology clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis-2020 update. *Endocr Pract [Internet].* 2020;26(s1):1–46. Available from: <https://doi.org/10.4158/GL-2020-0524SUPPL>
  101. Akkawi I, Zmerly H. Osteoporosis: Current Concepts. *Joints.* 2018 Jun;6(2):122–7.
  102. Lewiecki EM, Binkley N, Morgan SL, Shuhart CR, Camargos BM, Carey JJ, et al. Best Practices for Dual-Energy X-ray Absorptiometry Measurement and Reporting: International Society for Clinical Densitometry Guidance. *J Clin Densitom [Internet].* 2016;19(2):127–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocd.2016.03.003>
  103. Kanis JA, Borgstrom F, De Laet C, Johansson H, Johnell O, Jonsson B, et al. Assessment of fracture risk. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2005 Jun;16(6):581–9.
  104. Freedman BA, Heller JG. Kummel disease: a not-so-rare complication of osteoporotic vertebral compression fractures. *J Am Board Fam Med.*



**Universidad de Valladolid**

- 2009;22(1):75–8.
105. Roibás Urraca M. Energía dual TC : Fundamentos técnicos y aplicaciones clínicas. Congr Seram. 2012;1–19.
  106. Quesada JM, Casado A, Díaz C, Barrios L, Cuenca-Acevedo R, Dorado G. Allele-frequency determination of BsmI and FokI polymorphisms of the VDR gene by quantitative real-time PCR (QRT-PCR) in pooled genomic DNA samples. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2004 May;89–90(1–5):209–14.
  107. Watts NB. Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Osteoporos Int.* 2004;15(11):847–54.
  108. Karaca L, Yuceler Z, Kantarci M, Cakir M, Sade R, Calikoglu C, et al. The feasibility of dual-energy CT in differentiation of vertebral compression fractures. *Br J Radiol.* 2016;89(1057).
  109. Coursey CA, Nelson RC, Boll DT, Paulson EK, Ho LM, Neville AM, et al. Dual-energy multidetector CT: how does it work, what can it tell us, and when can we use it in abdominopelvic imaging? *Radiogr a Rev Publ Radiol Soc North Am Inc.* 2010;30(4):1037–55.
  110. Link TM, Majumdar S, Lin JC, Newitt D, Augat P, Ouyang X, et al. A comparative study of trabecular bone properties in the spine and femur using high resolution MRI and CT. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 1998 Jan;13(1):122–32.
  111. Guenther RW, Adam G, Scholar G. *American Journal of Roentgenology.* Tubercle. 1938;19(8):381.
  112. Mueller LA, Mueller LP, Schmidt R, Forst R, Rudig L. The phenomenon and efficiency of ligamentotaxis after dorsal stabilization of thoracolumbar burst fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2006 Aug;126(6):364–8.
  113. Miller JA, Schmatz C, Schultz AB. Lumbar disc degeneration: correlation with age, sex, and spine level in 600 autopsy specimens. *Spine (Phila Pa 1976).* 1988 Feb;13(2):173–8.
  114. Ochia RS, Ching RP. Internal pressure measurements during burst fracture formation in human lumbar vertebrae. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002 Jun;27(11):1160–7.
  115. GOH S, TAN C, PRICE RI, EDMONDSTON SJ, SONG S, DAVIS S, et al.



## Universidad de Valladolid

- Influence of age and gender on thoracic vertebral body shape and disc degeneration: an MR investigation of 169 cases. *J Anat* [Internet]. 2001/02/06. 2000;197(4):647–57. Available from: <https://www.cambridge.org/core/article/influence-of-age-and-gender-on-thoracic-vertebral-body-shape-and-disc-degeneration-an-mr-investigation-of-169-cases/7C7F0706081DF1101B29DE092279E388>
116. McKiernan F, Jensen R, Faciszewski T. The dynamic mobility of vertebral compression fractures. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2003 Jan;18(1):24–9.
  117. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. [Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty]. *Neurochirurgie*. 1987;33(2):166–8.
  118. Faciszewski T, McKiernan F. Calling all vertebral fractures classification of vertebral compression fractures: a consensus for comparison of treatment and outcome. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res*. 2002 Feb;17(2):185–91.
  119. Verlaan J-J, van de Kraats EB, Oner FC, van Walsum T, Niessen WJ, Dhert WJA. The reduction of endplate fractures during balloon vertebroplasty: a detailed radiological analysis of the treatment of burst fractures using pedicle screws, balloon vertebroplasty, and calcium phosphate cement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 Aug;30(16):1840–5.
  120. Khanna AJ, Reinhardt MK, Togawa D, Lieberman IH. Functional outcomes of kyphoplasty for the treatment of osteoporotic and osteolytic vertebral compression fractures. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. 2006;17(6):817–26.
  121. Eck JC, Nachtigall D, Humphreys SC, Hodges SD. Comparison of vertebroplasty and balloon kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature. *Spine J*. 2008;8(3):488–97.
  122. Wang X-Y, Dai L-Y, Xu H-Z, Chi Y-L. Kyphosis recurrence after posterior short-segment fixation in thoracolumbar burst fractures. *J Neurosurg Spine*. 2008 Mar;8(3):246–54.
  123. Yang H-L, Zhao L, Liu J, Sanford CGJ, Chen L, Tang T, et al. Changes of



## Universidad de Valladolid

- pulmonary function for patients with osteoporotic vertebral compression fractures after kyphoplasty. *J Spinal Disord Tech.* 2007 May;20(3):221–5.
124. Kim DH, Vaccaro AR. Osteoporotic compression fractures of the spine; current options and considerations for treatment. *Spine J.* 2006;6(5):479–87.
  125. Noriega Gonzalez DC, Maestretti G, Mittlmeier T, Dufort P, Meeder PJ, Krüger A. A new 3D reconstruction method to assess anatomical restoration in vertebral compression fractures. *Acta Orthop Belg.* 2017;83(4):497–505.
  126. Noriega DC, Ardura F, Maniega SS, Labrador G, Daniel P. Restoration in Vertebral Compression Fractures ( VCF ): Effectiveness Evaluation Based on 3D Technology. 2022;
  127. Noriega DC, Crespo-Sanjuan J, Olan WJ, Hernandez-Ramajo R, Bell DP, Sanz JJC, et al. Treatment of Thoracolumbar Type A3 Fractures Using a Percutaneous Intravertebral Expandable Titanium Implant: Long-term Follow-up Results of a Pilot Single Center Study. *Pain Physician.* 2021 Aug;24(5):E631–8.
  128. Lee Y, Lee HJ, Yoon S, Shin J, Park KC, Lee SY, et al. Association Between Overweight Sarcopenic Population and Acute Vertebral Osteoporotic Compression Fractures in Females: Retrospective, Cross-Sectional Study. *Front Med.* 2021;8(December):1–8.
  129. Lewiecki EM. Treatment of Low Bone Density or Osteoporosis to Prevent Fractures in Men and Women. *Ann Intern Med.* 2017;167(12):902.
  130. Hedlund LR, Gallagher JC, Meeger C, Stoner S. Change in vertebral shape in spinal osteoporosis. *Calcif Tissue Int.* 1989;44(3):168–72.
  131. Schousboe JT, Shepherd JA, Bilezikian JP, Baim S. Executive summary of the 2013 International Society for Clinical Densitometry Position Development Conference on bone densitometry. *J Clin Densitom Off J Int Soc Clin Densitom.* 2013;16(4):455–66.
  132. Delmas PD, Langerijt L Van De, Watts NB, Eastell R, Genant H, Grauer A. Underdiagnosis of Vertebral Fractures Is a Worldwide Problem : The IMPACT Study. 2005;350.
  133. Barnett E NB. Radiological assessment of bone density. I. The clinical and radiological problem of thin bones. *Br J Radiol.* 1961;34(683):92.
  134. LM. H. Measurement of anterior vertebral compressions and biconcave vertebrae.



## Universidad de Valladolid

- Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med. 1968;103(635):44.
135. Grigoryan M, Guermazi A, Roemer FW, Delmas PD, Genant HK. Recognizing and reporting osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J.* 2003;12(SUPPL. 2):104–12.
  136. Melton LJ; H. Kan S; Frye. M; Wahner. H; O`fallon. M; riggs. L. EPIDEMIOLOGY OF VERTEBRAL FRACTURES IN WOMEN. *Am J Epidemiol.* 1989;129(5):1000–11.
  137. Melton LJ, Lane AW, Cooper C, Eastell R, O`Fallon WM, Riggs BL. Prevalence and incidence of vertebral deformities. *Osteoporos Int.* 1993;3(3):113–9.
  138. McCloskey E V., Spector TD, Eyres KS, Fern ED, O`Rourke N, Vasikaran S, et al. The assessment of vertebral deformity: A method for use in population studies and clinical trials. *Osteoporos Int.* 1993;3(3):138–47.
  139. Leidig-Bruckner G, Genant HK, Minne HW, Storm T, Thamsborg G, Bruckner T, et al. Comparison of a semiquantitative and a quantitative method for assessing vertebral fractures in osteoporosis. *Osteoporos Int.* 1994;4(3):154–61.
  140. Sauer P, Leidig G, Minne HW, Duckeck G, Schwarz W, Siromachkostov L, et al. Spine deformity index (SDI) versus other objective procedures of vertebral fracture identification in patients with osteoporosis: a comparative study. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 1991 Mar;6(3):227–38.
  141. Kleerekoper M, Nelson DA. Vertebral fracture or vertebral deformity? *Calcif Tissue Int.* 1992;50(1):5–6.
  142. Black DM, Palermo L, Nevitt MC, Genant HK, Epstein R, San Valentin R, et al. Comparison of methods for defining prevalent vertebral deformities: the Study of Osteoporotic Fractures. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 1995 Jun;10(6):890–902.
  143. Black DM, Arden NK, Palermo L, Pearson J, Cummings SR. Prevalent vertebral deformities predict hip fractures and new vertebral deformities but not wrist fractures. *J Bone Miner Res.* 1999;14(5):821–8.
  144. Genant HK, Jergas M. Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research. *Osteoporos Int.* 2003;14 Suppl 3:43–55.
  145. Bazzocchi A, Fuzzi F, Garzillo G, Diano D, Rimondi E, Merlino B, et al. Reliability and accuracy of scout CT in the detection of vertebral fractures. *Br J*



- Radiol. 2013;86(1032).
146. Ambrose AF, Cruz L, Paul G. Falls and Fractures: A systematic approach to screening and prevention. *Maturitas*. 2015 Sep;82(1):85–93.
  147. Pache G, Krauss B, Strohm P, Saueressig U, Blanke P, Bulla S, et al. Dual-energy CT virtual noncalcium technique: Detecting posttraumatic bone marrow lesions - Feasibility study. *Radiology*. 2010;256(2):617–24.
  148. Nicolaou S, Liang T, Murphy DT, Korzan JR, Korzan JR, Liang T. evaluación del sistema musculoesquelético Recomendar y compartir. 2012;2012–3.
  149. Ebbesen EN, Thomsen JS, Beck-Nielsen H, Nepper-Rasmussen HJ, Mosekilde L. Vertebral bone density evaluated by dual-energy X-ray absorptiometry and quantitative computed tomography in vitro. *Bone* [Internet]. 1998;23(3):283–90. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S875632829800091X>
  150. Yue D, Li Fei S, Jing C, Ru Xin W, Rui Tong D, Ai Lian L, et al. The relationship between calcium (water) density and age distribution in adult women with spectral CT: initial result compared to bone mineral density by dual-energy X-ray absorptiometry. *Acta Radiol*. 2019 Jun;60(6):762–8.
  151. Pierce KE, Passias PG, Alas H, Brown AE, Bortz CA, Lafage R, et al. Does Patient Frailty Status Influence Recovery Following Spinal Fusion for Adult Spinal Deformity?: An Analysis of Patients With 3-Year Follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Apr;45(7):E397–405.
  152. Mitnitski AB, Mogilner AJ, Rockwood K. Accumulation of deficits as a proxy measure of aging. *ScientificWorldJournal*. 2001;1:323–36.
  153. Saxton A V V. Preoperative frailty and quality of life as predictors of postoperative complications. *Ann Surg*. 2011 doi: 10.1097/SLA.0b013e318214bce7. PMID: 21412145. *Ann Surg*. 2011;Jun;253(6)(1223):1–9.
  154. Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, Berlemann U. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Aug;31(17):1983–2001.
  155. Schlaich C, Minne HW, Bruckner T, Wagner G, Gebest HJ, Grunze M, et al. Reduced pulmonary function in patients with spinal osteoporotic fractures. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl*



## Universidad de Valladolid

- Osteoporosis Found USA. 1998;8(3):261–7.
156. Oda I, Cunningham BW, Buckley RA, Goebel MJ, Haggerty CJ, Orbegoso CM, et al. Does Spinal Kyphotic Deformity Influence the Biomechanical Characteristics of the Adjacent Motion Segments?: An: In Vivo: Animal Model. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 1999;24(20). Available from: [https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/1999/10150/Does\\_Spinal\\_Kyphotic\\_Deformity\\_Influence\\_the.14.aspx](https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/1999/10150/Does_Spinal_Kyphotic_Deformity_Influence_the.14.aspx)
  157. Musbahi O, Ali AM, Hassany H, Mobasher R. Vertebral compression fractures. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2018 Jan;79(1):36–40.
  158. McKiernan F, Faciszewski T, Jensen R. Does vertebral height restoration achieved at vertebroplasty matter? *J Vasc Interv Radiol*. 2005 Jul;16(7):973–9.
  159. Aubin C-É, 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* [Internet]. 1997;35(6):611–8. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF02510968>
  160. Mikles MR, Stchur RP, Graziano GP. Posterior instrumentation for thoracolumbar fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004;12(6):424–35.
  161. Deramond H, Saliou G, Aveillan M, Lehmann P, Vallée JN. Respective contributions of vertebroplasty and kyphoplasty to the management of osteoporotic vertebral fractures. *Jt bone spine*. 2006 Dec;73(6):610–3.
  162. Wang H, Sribastav S Sen, Ye F, Yang C, Wang J, Liu H, et al. Comparison of Percutaneous Vertebroplasty and Balloon Kyphoplasty for the Treatment of Single Level Vertebral Compression Fractures: A Meta-analysis of the Literature. *Pain Physician*. 2015;18(3):209–22.
  163. Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, et al. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet (London, England)*. 2009 Mar;373(9668):1016–24.
  164. Taylor RS, Taylor RJ, Fritzell P. Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Nov;31(23):2747–55.
  165. Tang R, Gungor C, Sesek RF, Foreman KB, Gallagher S, Davis GA. Morphometry



- of the lower lumbar intervertebral discs and endplates: comparative analyses of new MRI data with previous findings. *Eur spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc*. 2016 Dec;25(12):4116–31.
166. Kuo F-C, Liao Y-Y, Lee C-H, Liau B-Y, Pan C-C. Posture Stability and Kinematics While Performing a 180° Turning Step in Elderly Individuals With and Without Vertebral Compression Fracture and in Middle-Aged Adults. *J Med Biol Eng* [Internet]. 2020;40(2):239–50. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40846-020-00508-9>
167. Codrea CI, Croitoru A-M, Baciuc CC, Melinescu A, Ficai D, Fruth V, et al. Advances in Osteoporotic Bone Tissue Engineering. *J Clin Med*. 2021 Jan;10(2).
168. Bose S, Tarafder S, Bandyopadhyay A. Effect of Chemistry on Osteogenesis and Angiogenesis Towards Bone Tissue Engineering Using 3D Printed Scaffolds. *Ann Biomed Eng*. 2017 Jan;45(1):261–72.
169. Shi R, Zhang J, Tian J, Zhao C, Li Z, Zhang Y, et al. An effective self-powered strategy to endow titanium implant surface with associated activity of anti-biofilm and osteogenesis. *Nano Energy* [Internet]. 2020;77:105201. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211285520307795>
170. Hutton B, Catalá-López F, Moher D. [The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA]. *Med Clin (Barc)*. 2016 Sep;147(6):262–6.
171. Been HD, Kerkhoffs GMMJ, Maas M. Suspected atlantoaxial rotatory fixation-subluxation: the value of multidetector computed tomography scanning under general anesthesia. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Mar;32(5):E163-7.
172. Martín-Ferrer S. [High cervical spine injuries: classification, therapeutic indications, and surgical approaches: 286 consecutive cases]. *Neurocirugia (Astur)*. 2006 Oct;17(5):391–419.
173. McGuire KJ, Silber J, Flynn JM, Levine M, Dormans JP. Torticollis in children: can dynamic computed tomography help determine severity and treatment. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(6):766–70.
174. Alanay A, Hicazi A, Acaroglu E, Yazici M, Aksoy C, Cila A, et al. Reliability and necessity of dynamic computerized tomography in diagnosis of atlantoaxial rotatory subluxation. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(6):763–5.



## Universidad de Valladolid

175. Hicazi A, Acaroglu E, Alanay A, Yazici M, Surat A. Atlantoaxial rotatory fixation-subluxation revisited: a computed tomographic analysis of acute torticollis in pediatric patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002 Dec;27(24):2771–5.
176. Abumi K, Shono Y, Taneichi H, Ito M, Kaneda K. Correction of cervical kyphosis using pedicle screw fixation systems. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999 Nov;24(22):2389–96.
177. Opoku-Darko M, Isaacs A, du Plessis S. Closed reduction of traumatic atlantoaxial rotatory subluxation with type II odontoid fracture. *Interdiscip Neurosurg* [Internet]. 2018;11:19–23. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214751917302141>
178. Fath L, Cebula H, Santin MN, Coca A, Debry C, Proust F. The Grisel's syndrome: A non-traumatic subluxation of the atlantoaxial joint. *Neurochirurgie*. 2018 Sep;64(4):327–30.
179. Ng C, Dominguez JF, Feldstein E, Houten JK, Spirollari E, Gandhi CD, et al. Does alar ligament injury predict conservative treatment failure of atlantoaxial rotatory subluxation in adults: Case report and review of the literature. *Spinal cord Ser cases*. 2021 Dec;7(1):103.
180. Chechik O, Wientroub S, Danino B, Lebel DE, Ovadia D. Successful conservative treatment for neglected rotatory atlantoaxial dislocation. *J Pediatr Orthop*. 2013 Jun;33(4):389–92.
181. Scapinelli R. Three-dimensional computed tomography in infantile atlantoaxial rotatory fixation. *J Bone Joint Surg Br*. 1994 May;76(3):367–70.
182. White AA 3rd, Panjabi MM. The clinical biomechanics of the occipitoatlantoaxial complex. *Orthop Clin North Am*. 1978 Oct;9(4):867–78.
183. Unni C, Pettakkandy V, P AJ, Soren SK, K VK. Atlantoaxial Stabilization by Posterior C1 and C2 Screw-Rod Fixation for Various Pathologies: Case Series and Comprehensive Review of Literature. *J Neurosci Rural Pract*. 2021 Apr;12(2):228–35.
184. Pereira EAC, Hempenstall J, Pretorius PM, Kamat AA, Cadoux-Hudson TAD. La maladie de Grisel treated by combined C1-2 transarticular and C1 lateral mass screw fixation. *Br J Neurosurg*. 2010 Aug;24(4):499–501.
185. Vaccaro AR, Hulbert RJ, Patel AA, Fisher C, Dvorak M, Lehman RAJ, et al. The



## Universidad de Valladolid

- subaxial cervical spine injury classification system: a novel approach to recognize the importance of morphology, neurology, and integrity of the disco-ligamentous complex. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007 Oct;32(21):2365–74.
186. Allen BLJ, Ferguson RL, Lehmann TR, O'Brien RP. A mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of the lower cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1982;7(1):1–27.
187. Villarín Castro A, Hernández Sanz A. Valoración del riesgo de fractura osteoporótica\rRisk assessment of osteoporotic fracture. *Rev Clínica Med Fam [Internet]*. 2015;8(1):48–58. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1699-695X2015000100006&lang=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-695X2015000100006&lang=pt)
188. Granada, 2007. 2007;
189. Tebé C, del Río LM, Casas L, Estrada MD, Kotzeva A, Di Gregorio S, et al. Factores de riesgo de fracturas por fragilidad en una cohorte de mujeres españolas. *Gac Sanit*. 2011;25(6):507–12.
190. Hermoso De Mendoza MT. Clasificación de la osteoporosis. Factores de riesgo. Clínica y diagnóstico diferencial. *An Sist Sanit Navar*. 2003;26(SUPPL. 3):29–52.
191. Lorente Ramos RM, Azpeitia Armán J, Arévalo Galeano N, Muñoz Hernández A, García Gómez JM, Gredilla Molinero J. Dual energy X-ray absorptimetry: Fundamentals, methodology, and clinical applications. *Radiologia*. 2012;54(5):410–23.
192. Wright NC, Looker AC, Saag KG, Curtis JR, Delzell ES, Randall S, et al. The recent prevalence of osteoporosis and low bone mass in the United States based on bone mineral density at the femoral neck or lumbar spine. *J Bone Miner Res*. 2014;29(11):2520–6.
193. Genant HK, Block JE, Steiger P, Glueer CC, Smith R. Quantitative computed tomography in assessment of osteoporosis. *Semin Nucl Med*. 1987 Oct;17(4):316–33.
194. Patino M, Prochowski A, Agrawal MD, Simeone FJ, Gupta R, Hahn PF, et al. Material separation using dual-energy CT: Current and emerging applications. *Radiographics*. 2016;36(4):1087–105.
195. Graser A, Johnson TRC, Chandarana H, Macari M. Dual energy CT: preliminary



## Universidad de Valladolid

- observations and potential clinical applications in the abdomen. *Eur Radiol.* 2009 Jan;19(1):13–23.
196. Compston J, Bowring C, Cooper A, Cooper C, Davies C, Francis R, et al. Diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women and older men in the UK: National Osteoporosis Guideline Group (NOGG) update 2013. *Maturitas.* 2013 Aug;75(4):392–6.
197. Gielen E, Bergmann P, Bruyère O, Cavalier E, Delanaye P, Goemaere S, et al. Osteoporosis in Frail Patients: A Consensus Paper of the Belgian Bone Club. *Calcif Tissue Int.* 2017;101(2):111–31.
198. Gonzalez Macías J. RMJ. Osteoporosis. Concepto. Epidemiología. Etiología. Manifestaciones clínicas y complicaciones. 2006. 09:3873-9.
199. Kanis JA, Oden A, Johnell O, Johansson H, De Laet C, Brown J, et al. The use of clinical risk factors enhances the performance of BMD in the prediction of hip and osteoporotic fractures in men and women. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 2007 Aug;18(8):1033–46.
200. Sanfélix-Genovés J, Hurtado I, Sanfélix-Gimeno G, Reig-Molla B, Peiró S. Impact of osteoporosis and vertebral fractures on quality-of-life. A population-based study in Valencia, Spain (The FRAVO Study). *Health Qual Life Outcomes [Internet].* 2011;9(1):20. Available from: <http://www.hqlo.com/content/9/1/20>
201. Amarowicz J, Czerwiński E, Kumorek A, Warzecha M, Berwecka M, Hans D. Vertebral fracture assessment, trabecular bone score and handgrip in a group of postmenopausal women with vertebral fractures - preliminary study. *Reumatologia.* 2018;56(2):80–6.
202. Nevitt MC, Cummings SR, Stone KL, Palermo L, Black DM, Bauer DC, et al. Risk Factors for a First-Incident Radiographic Vertebral Fracture in Women  $\geq 65$  Years of Age: The Study of Osteoporotic Fractures. *J Bone Miner Res.* 2004;20(1):131–40.
203. Lin RM, Panjabi MM, Oxland TR. Functional radiographs of acute thoracolumbar burst fractures. A biomechanical study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993 Dec;18(16):2431–7.
204. Jr IR, Rašková M, Zikán V, Škrha J. PREVALENCE AND RISK FACTORS OF



- OSTEOPOROSIS IN POSTMENOPAUSAL WOMEN WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS. *Cent Eur J Public Health* [Internet]. 2017;25(1):3–10. Available from: <https://doi.org/10.21101/cejph.a4717>
205. Naves Díaz M, Bernardino Díaz López J, Gómez Alonso C, Altadill Arregui A, Rodríguez Rebollar A, B. Cannata Andía J. Estudio de incidencia de fracturas osteoporóticas en una cohorte mayor de 50 años durante un período de 6 años de seguimiento. *Med Clin (Barc)*. 2000;115(17):650–3.
  206. Middleton ET. Evaluación rutinaria frente a la evaluación de la fractura vertebral dirigida para la detección de fracturas vertebrales Información del autor Reimpresiones y permisos. 2005;12(1997):4–5.
  207. Tarantino U, Capone A, Planta M, D'Arienzo M, Letizia Mauro G, Impagliazzo A, et al. The incidence of hip, forearm, humeral, ankle, and vertebral fragility fractures in Italy: Results from a 3-year multicenter study. *Arthritis Res Ther*. 2010;12(6).
  208. Lee JH, Lee YH, Moon SH. Association between bone mineral density and clinical consequences: Cross-sectional study of Korean postmenopausal women in an orthopaedic outpatient clinic. *J Korean Med Sci*. 2014;29(8):1152–60.
  209. Al-Sari UA, Tobias J, Clark E. Health-related quality of life in older people with osteoporotic vertebral fractures: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int* [Internet]. 2016;27(10):2891–900. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00198-016-3648-x>
  210. Al-Sari UA, Tobias JH, Clark EM. Self-reported everyday physical activities in older people with osteoporotic vertebral fractures: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2018;29(1):19–29.
  211. Adams JE. Advances in bone imaging for osteoporosis. *Nat Rev Endocrinol*. 2013 Jan;9(1):28–42.
  212. Kanis JA. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 1994 Nov;4(6):1–129.
  213. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(8):817–31.
  214. Luengos P V (Universida de V. ENSAYO CLÍNICO COMPARATIVO DE



---

**Universidad de Valladolid**

- EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA CIFOPLASTIA CON BALÓN VS CIFOPLASTIA CON IMPLANTE EXPANSIVO DE TITANIO EN LAS FRACTURAS VERTEBRALES POR COMPRESIÓN [Internet]. Universidad de Valladolid; 2017. Available from: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/28626>
215. Steiger P, Cummings SR, Black DM, Spencer NE, Genant HK. Age-related decrements in bone mineral density in women over 65. *J bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 1992 Jun;7(6):625–32.
216. Herrero MTV, Bueno SD. Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. 2018;25(4):228–36.
217. Majumdar S, Genant HK. A review of the recent advances in magnetic resonance imaging in the assessment of osteoporosis. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA.* 1995 Mar;5(2):79–92.



## **9 ANEXOS**



### 9.1 ANEXO A

**AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL ESTUDIO EN EL SERVICIO DE CIRUGIA ORTOPÉDICA Y TRAUMATOLOGÍA, SERVICIO DE RADIODIAGNOSTICO DEL HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID Y SERVICIO DE RADIODIAGNÓSTICO DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO DEL RIO HORTEGA.**

<b>Datos del Jefe de Servicio</b>
Apellidos y Nombre
Martín Ferrero, Miguel Ángel

<b>Nombre del Servicio del Hospital Clínico Universitario de Valladolid</b>
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología

DECLARA QUE TIENE CONOCIMIENTO Y APRUEBA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SIGUIENTE

<b>Datos del Proyecto</b>
Título
ESTIMACIÓN DE DENSIDAD ÓSEA MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON PROTOCOLO GSI Y CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA
Duración
1 año
Nombre y Apellidos del Investigador Principal
Gregorio de Jesús Labrador Hernández
Equipo Investigador
David Noriega, Francisco Ardura, Jesús Crespo, Silvia Santiago Maniega, Israel Sánchez Litte
Servicios Colaboradores
Radiología

En Valladolid, a los 10 de Julio del 2020



**Universidad de Valladolid**

**Datos del Jefe de Servicio**

Apellidos y Nombre

Isabel Jiménez

**Nombre del Servicio del Hospital Clínico Universitario de Valladolid**

Servicio de Radiodiagnóstico

DECLARA QUE TIENE CONOCIMIENTO Y APRUEBA LA REALIZACIÓN DEL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SIGUIENTE

**Datos del Proyecto**

Título

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD ÓSEA MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON PROTOCOLO GSI Y CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA

Duración

1 año

Nombre y Apellidos del Investigador Principal

Gregorio de Jesús Labrador Hernández

Equipo Investigador

David Noriega, Francisco Ardura, Jesús Crespo, Silvia Santiago Maniega, Israel Sánchez Litte

Servicios Colaboradores

Radiología

En Valladolid, a los 10 días de Julio del 2020



**Universidad de Valladolid**

**Datos del Jefe de Servicio**

Apellidos y Nombre  
Gabriel Carlos Fernández Pérez

**Nombre del Servicio del Hospital Clínico Universitario de Valladolid**

Servicio de Radiodiagnóstico de Hospital Universitario del Río Hortega.

DECLARA QUE TIENE CONOCIMIENTO Y APRUEBA LA REALIZACIÓN DEL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SIGUIENTE

**Datos del Proyecto**

Título

ESTIMACIÓN DE DENSIDAD ÓSEA MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON PROTOCOLO GSI Y CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA

Duración

1 año

Nombre y Apellidos del Investigador Principal

Gregorio de Jesús Labrador Hernández

Equipo Investigador

David Noriega, Francisco Ardura, Jesús Crespo, Silvia Santiago Maniega, Israel Sánchez Litte

Servicios Colaboradores

Radiología del HUCV.

En Valladolid, a los 10 días de Julio del 2020



---

**Universidad de Valladolid**

**9.2 ANEXO B**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO**

**SERVICIO: Cirugía Ortopédica y Traumatología**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE: Gregorio de Jesús Labrador Hernández.  
David Cesar Noriega González.**

**TELÉFONO DE CONTACTO: 983**

**NOMBRE DE LA LÍNEA DE TRABAJO: ESTIMACIÓN DE DENSIDAD ÓSEA MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON PROTOCOLO GSI Y CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA**

**VERSIÓN DE DOCUMENTO: (Número de versión, fecha):**

-----  
-----  
-----

**I) Finalidad de la línea de trabajo propuesta:**

Este estudio forma parte de uno de los grupos pioneros en investigación de la Densidad Mineral Ósea mediante Tomografía Computarizada con protocolo GSI y su correspondiente aplicación.

Los pacientes que sufren una fractura vertebral podrían someterse a un estudio de extensión de la fractura y medición de densidad ósea con una sola prueba de imagen (TAC – GSI). La correlación de datos densitométricos entre la TAC y la DXA en favor de la primera, haría prescindible ésta última y otros estudios complementarios como la resonancia magnética.

**II) Algunas consideraciones sobre su participación:**



## Universidad de Valladolid

Es importante que Vd., como participante en esta línea de trabajo, conozca varios aspectos importantes:

- A) Su participación es totalmente voluntaria. Dentro del proceso de asistencia hospitalaria por su enfermedad, se realizará una encuesta clínica. Esta encuesta no interferirá con los procesos diagnósticos o terapéuticos que usted ha de recibir por causa de su enfermedad
- B) Puede plantear todas las dudas que considere sobre su participación en este estudio.
- C) No percibirá ninguna compensación económica o de otro tipo por su participación en el estudio. No obstante, la información generada en el mismo podría ser fuente de beneficios comerciales. En tal caso, están previstos mecanismos para que estos beneficios reviertan en la salud de la población, aunque no de forma individual en el participante.
- D) La información obtenida se almacenará en una base de datos, en soporte informático, registrada en la Agencia Española de Protección de Datos, según lo indicado en la legislación vigente sobre protección de datos de carácter personal (Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre). Los datos registrados serán tratados estadísticamente de forma codificada.
- E) En todo momento el participante tendrá derecho de acceso, rectificación o cancelación de los datos depositados en la base de datos siempre que expresamente lo solicite. Para ello deberá ponerse en contacto con el investigador principal. Los datos quedarán custodiados bajo la responsabilidad del Investigador Principal del Estudio, Dr. David Noriega/ Dr. Gregorio Labrador.
- F) Los datos serán guardados de forma indefinida, al menos hasta la consecución de los fines científicos de la línea de trabajo arriba expuesta. Dichos datos podrán ser utilizados por el grupo del investigador principal en estudios futuros de investigación relacionados con la línea de trabajo arriba expuesta. Dichos datos podrán ser cedidos a otros investigadores designados por el Investigador Principal para trabajos relacionados con esta línea, siempre al servicio de proyectos que tengan alta calidad científica y respeto por los principios éticos. En estos dos últimos casos, se solicitará antes autorización al CEIC (Comité Ético de Investigación Clínica) del Área de Salud Valladolid Éste.
- G) La falta de consentimiento o la revocación de este consentimiento previamente otorgado no supondrá perjuicio alguno en la asistencia sanitaria que Vd. recibe/recibirá.



## Universidad de Valladolid

H) Es posible que los estudios realizados aporten información relevante para su salud o la de sus familiares. Vd. tiene derecho a conocerla y transmitirla a sus familiares si así lo desea.

I) Sólo si Vd. lo desea, existe la posibilidad de que pueda ser contactado en el futuro para completar o actualizar la información asociada al estudio.

### CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE POR ESCRITO.

**Estudio** ESTIMACIÓN DE DENSIDAD ÓSEA MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CON PROTOCOLO GSI Y CORRELACIÓN DENSITOMÉTRICA

Yo,

\_\_\_\_\_

—

(Nombre y apellidos de paciente o representante legal)

He leído la información que me ha sido entregada.

He recibido la hoja de información que me ha sido entregada.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado del estudio con \_\_\_\_\_

(Nombre y apellidos del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1.- Cuando quiera.
- 2.- Sin tener que dar explicaciones.
- 3.- Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Por la presente, otorgo mi consentimiento informado y libre para participar en esta investigación.

Accedo a que los médicos del HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID contacten conmigo en el futuro en caso de que se necesite obtener nuevos datos. ...SI... NO (marcar con una X lo que proceda)



## Universidad de Valladolid

Accedo a que los médicos del HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID contacten conmigo en caso de que los estudios realizados sobre mis datos aporten información relevante para mi salud o la de mis familiares SI \_\_\_NO\_\_\_(marcar con una X lo que proceda)

Una vez firmada, me será entregada una copia del documento de consentimiento.

---

FIRMA DEL PACIENTE / REPRESENTANTE LEGAL	NOMBRE	Y
APELLIDOS	FECHA	

Yo he explicado por completo los detalles relevantes de este estudio al paciente nombrado anteriormente y/o la persona autorizada a dar el consentimiento en nombre del paciente.

---

FIRMA DEL INVESTIGADOR	NOMBRE	Y
APELLIDOS	FECHA	

### 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE POR ESCRITO.

#### APARTADO PARA LA REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO (CONTACTAR CON EL INVESTIGADOR PRINCIPAL)

Yo \_\_\_\_\_ revoco el consentimiento de participación en el estudio, arriba firmado con fecha

\_\_\_\_\_

**Firma:**



---

**Universidad de Valladolid**



### 9.3 ANEXO C

Tabla 84. Tabla cruzada Grado de satisfacción y revisión primer mes

ento.

Grado de satisfacción		Revisión 1er mes							EVA 6	EVA 7	Total
		EVA 0	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EVA 4	EXITUS				
Tratamiento	Sano	17	1	3	2	1			1		
Total		17	1	3	2	1			1		
Tratamiento	Conservador	5	17	13	10	3	1				
	Cifoplastia	3	8	10	7	6	0				
	Vertebroplastia	0	1	1	0	0	0				
	Cifoplastia + Artrodesis	0	0	0	0	1	0				
	Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	2	1	0	0				
Total		8	26	26	18	10	1				
Tratamiento	Conservador	1	5	10	16	7	1				
	Cifoplastia	0	0	0	1	0	0				
	Cifoplastia + Artrodesis	0	0	0	0	2	1				
	Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	0	0	1	0				
Total		1	5	10	17	10	2				
Tratamiento	Conservador			1	1	0		0			
	Artrodesis			1	0	0		0			
	Cifoplastia + Artrodesis			0	0	0		1			
	Cifoplastia + Vertebroplastia			0	0	1		0			
Total				2	1	1		1			
Tratamiento	Conservador	1			1	2	1				
	Cifoplastia + Artrodesis	0			0	0	1				
Total		1			1	2	2				
Tratamiento	Sano	17	1	3	2	1	0	0	1		
	Conservador	7	22	24	28	12	3	0	0		
	Cifoplastia	3	8	10	8	6	0	0	0		
	Vertebroplastia	0	1	1	0	0	0	0	0		
	Artrodesis	0	0	1	0	0	0	0	0		
	Cifoplastia + Artrodesis	0	0	0	0	3	2	1	0		
	Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	2	1	2	0	0	0		
Total		27	32	41	39	24	5	1	1		



Tabla 85. Tablas cruzadas de las variables Tratamiento, grado de satisfacción y revisión tercer mes..

Recuento			Revisión 3er mes				
Grado de satisfacción			EVA 0	EVA 1	EVA 2	EVA 3	1
Sano	Tratamiento	Sano	18	1	3	1	
	Total		18	1	3	1	
Bueno	Tratamiento	Conservador	18	17	7	7	
		Cifoplastia	12	8	7	4	
		Vertebroplastia	1	1	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	1	0	
		Cifoplastia + Vertebroplastia	0	2	0	1	
	Total		31	28	15	12	
Regular	Tratamiento	Conservador	6	6	13	13	
		Cifoplastia	0	1	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	1	1	
		Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	0	1	
	Total		6	7	14	15	
Malo	Tratamiento	Conservador		1	1	0	
		Artrodesis		1	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis		0	0	0	
		Cifoplastia + Vertebroplastia		0	0	1	
	Total			2	1	1	
Regular/Malo	Tratamiento	Conservador	1			2	
		Cifoplastia + Artrodesis	0			0	
	Total		1			2	



Universidad de Valladolid

Total	Tratamiento	Sano	18	1	3	1
		Conservador	25	24	21	22
		Cifoplastia	12	9	7	4
		Vertebroplastia	1	1	0	0
		Artrodesis	0	1	0	0
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	2	1
		Cifoplastia + Vertebroplastia	0	2	0	3
Total			56	38	33	31

Tabla 86. Tabla cruzada de las variables grado de satisfacción, tratamiento y revisión en el 6to mes.

Recuento

Grado de satisfacción			Revisión 6to mes				
			EVA 0	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EV
Sano	Tratamiento	Sano	18	3	2	2	
	Total		18	3	2	2	
Bueno	Tratamiento	Conservador	26	12	11	0	
		Cifoplastia	14	10	4	5	
		Vertebroplastia	2	0	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	0	1	
		Cifoplastia + Vertebroplastia	1	1	0	1	
Total		43	23	15	7		
Regular	Tratamiento	Conservador	7	11	10	11	
		Cifoplastia	0	1	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	1	1	



Universidad de Valladolid

		Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	0	1
	Total		7	12	11	13
Malo	Tratamiento	Conservador		1	1	
		Artrodesis		1	0	
		Cifoplastia + Artrodesis		0	0	
		Cifoplastia + Vertebroplastia		0	1	
		Total			2	2
Regular/Malo	Tratamiento	Conservador	1	1		2
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0		1
	Total		1	1		3
Total	Tratamiento	Sano	18	3	2	2
		Conservador	34	25	22	13
		Cifoplastia	14	11	4	5
		Vertebroplastia	2	0	0	0
		Artrodesis	0	1	0	0
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	1	3
		Cifoplastia + Vertebroplastia	1	1	1	2
		Total		69	41	30

Tabla 87. 1.1.1 Tabla cruzada de las variables grado de satisfacción, tratamiento y revisión en el 12avo mes.

Recuento

Grado de satisfacción	Revisión 12vo mes				
	EVA 0	EVA 1	EVA 2	EVA 3	EV



Universidad de Valladolid

Sano	Tratamiento	Sano	21	2	2		
	Total		21	2	2		
Bueno	Tratamiento	Conservador	24	18	7	0	
		Cifoplastia	17	8	5	3	
		Vertebroplastia	2	0	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	1	0	0	
		Cifoplastia + Vertebroplastia	1	1	1	0	
	Total		44	28	13	3	
Regular	Tratamiento	Conservador	11	9	17	2	
		Cifoplastia	0	1	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	2	0	
		Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	1	0	
	Total		11	10	20	2	
Malo	Tratamiento	Conservador	0	1	1		
		Artrodesis	1	0	0		
		Cifoplastia + Artrodesis	0	0	0		
		Cifoplastia + Vertebroplastia	0	0	1		
	Total		1	1	2		
Regular/Malo	Tratamiento	Conservador	1	1		1	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	1		0	
	Total		1	2		1	
Total	Tratamiento	Sano	21	2	2	0	
		Conservador	36	29	25	3	
		Cifoplastia	17	9	5	3	
		Vertebroplastia	2	0	0	0	
		Artrodesis	1	0	0	0	
		Cifoplastia + Artrodesis	0	2	2	0	
		Cifoplastia + Vertebroplastia	1	1	3	0	
	Total		78	43	37	6	

9.3.1 ANEXO D

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	EscalaA nalógica	TipodeFr acturase gúnAO	Medición
1	11	1	87	89,0	1,68	31,533	1	1	1	5	5	2	2
2	74	1	85	80,0	1,68	28,345	2	1	0	2	2	2	2
3	224	2	70	62,0	1,67	22,231	1	0	1	0	2	2	4
4	117	1	82	67,0	1,62	25,570	7	1	0	2	1	1	2
5	117	1	80	80,0	1,55	33,330	2	0	0	3	3	2	2
6	226	2	75	68,0	1,69	23,809	0	0	2	0	0	0	5
7	2	2	83	85,0	1,68	30,116	1	5	1	1	6	3	2
8	13	1	82	88,0	1,60	34,375	2	4	1	3	8	3	2
9	172	1	73	65,0	1,50	28,889	4	2	3	1	9	3	4
10	82	1	68	90,0	1,66	32,661	2	1	0	4	6	1	5
11	229	2	62	77,0	1,67	27,609	0	3	2	4	0	0	2
12	90	2	60	84,0	1,80	25,926	1	1	0	1	7	2	5
13	209	1	68	75,0	1,66	27,217	0	1	2	2	0	0	4
14	156	1	64	78,0	1,62	29,721	1	0	3	2	3	1	5
15	121	1	86	89,0	1,62	33,913	1	2	0	2	3	2	2
16	225	2	75	98,0	1,66	35,564	1	1	0	4	6	2	2

Figura 64. Datos de 14 variables y 16 pacientes.

**Universidad de Valladolid**

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACO
17	166	1	62	60,0	1,63	22,583	2	0	0	
18	171	2	81	99,0	1,68	35,077	2	0	0	
19	71	1	75	67,0	1,47	31,006	1	1	0	
20	79	1	71	68,0	1,70	23,529	1	1	0	
21	200	1	64	65,0	1,60	25,391	2	1	0	
22	227	2	77	77,0	1,62	29,340	0	0	2	
23	136	2	46	76,0	1,70	26,298	0	0	2	
24	136	2	48	75,0	1,75	24,500	0	0	2	
25	120	1	81	79,0	1,60	30,859	4	4	1	
26	123	1	66	80,0	1,68	28,345	1	2	0	
27	139	1	43	76,0	1,65	27,916	0	0	2	
28	213	1	42	75,0	1,66	27,217	0	0	2	
29	116	1	73	63,0	1,50	28,000	1	1	3	
30	218	1	63	68,0	1,65	24,977	1	1	0	
31	111	2	79	69,0	1,72	23,323	1	3	0	
32	177	1	85	58,0	1,58	23,233	1	4	3	

*Figura 65. Datos de las 14 variables de los pacientes 17 a 32.*



**Universidad de Valladolid**

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	EscalaA nalógica	TipodeFr acturase gúnAO	Medición
33	45	1	74	62,0	1,68	21,967	1	0	1	1	7	3	5
34	48	1	77	95,0	1,53	41,010	1	6	0	3	9	3	8
35	128	1	82	83,0	1,58	33,248	2	4	0	2	6	1	5
36	216	1	83	79,0	1,61	30,477	2	3	0	1	2	1	2
37	83	2	78	65,0	1,70	22,491	1	1	3	1	3	1	3
38	8	2	85	80,0	1,60	31,250	2	1	0	5	5	1	2
39	78	1	92	85,0	1,69	29,761	1	3	3	3	5	2	4
40	73	1	74	69,0	1,58	27,640	2	6	0	5	9	3	5
41	35	2	59	75,0	1,70	25,952	1	4	1	0	8	2	6
42	49	1	76	70,0	1,68	24,802	1	0	0	0	4	1	5
43	228	2	72	77,0	1,68	27,282	0	0	2	0	0	0	5
44	77	1	73	78,0	1,68	27,636	2	0	0	0	2	2	2
45	26	1	77	92,0	1,67	32,988	1	1	0	2	4	2	5
46	5	1	83	55,0	1,60	21,484	1	1	0	3	9	1	4
47	10	1	71	80,0	1,62	30,483	1	1	0	1	8	1	3
48	69	1	70	76,0	1,65	27,940	2	0	0	0	4	2	2

*Figura 66. Datos de las 14 variables de los pacientes 33 a 48.*

Universidad de Valladolid

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	EscalaA nalógica	TipodeFr acturase ginAO
49	110	1	89	75,0	1,69	26,260	2	2	0	3	5	2
50	201	1	66	94,0	1,70	32,526	0	2	2	2	0	0
51	201	1	68	82,0	1,68	28,360	0	2	2	1	0	0
52	150	1	90	80,0	1,63	30,110	1	2	3	2	4	2
53	153	1	90	56,0	1,68	19,841	1	2	3	4	4	1
54	52	2	50	91,0	1,80	28,086	1	1	0	1	5	2
55	75	2	89	99,0	1,62	37,723	2	2	3	2	2	2
56	143	1	77	78,0	1,61	30,091	2	2	0	5	3	2
57	119	1	77	76,0	1,60	29,687	0	0	2	1	0	0
58	219	1	79	63,0	1,62	24,005	0	0	2	3	0	0
59	222	1	70	70,0	1,63	26,346	2	3	3	6	7	3
60	9	2	85	90,0	1,78	28,406	1	1	3	0	6	3
61	25	1	88	99,0	1,68	35,077	5	1	0	4	6	3
62	131	1	83	66,0	1,55	27,471	4	4	0	3	9	1
63	198	1	65	78,0	1,68	27,636	0	0	2	0	0	0
64	163	1	64	76,0	1,64	28,257	2	0	0	0	6	1

Figura 67. Datos de las 14 variables de los pacientes 49 a 64.

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	Escala nalóg
65	199	2	68	92,0	1,69	32,212	1	2	3	2	
66	97	1	90	63,0	1,70	21,799	1	5	1	5	
67	167	2	69	80,0	1,76	25,826	1	5	0	5	
68	161	2	58	85,0	1,65	31,221	2	0	0	0	
69	108	1	75	55,0	1,63	20,701	1	1	0	5	
70	59	1	78	72,0	1,63	27,099	2	1	1	3	
71	55	1	78	87,0	1,63	32,745	1	1	1	3	
72	220	1	70	52,0	1,61	20,061	1	0	0	1	
73	144	2	77	93,0	1,63	35,003	1	1	0	3	
74	109	1	69	79,0	1,60	30,859	2	0	0	1	
75	149	2	79	112,0	1,67	40,159	1	0	0	0	
76	40	2	91	65,0	1,60	25,391	1	6	3	4	
77	67	1	67	54,0	1,50	24,000	2	1	1	1	
78	124	1	77	75,0	1,68	26,573	2	1	3	4	
79	148	1	43	86,0	1,71	29,411	0	0	2	0	
80	147	1	69	90,0	1,62	34,294	1	0	0	0	
81	142	1	74	90,0	1,60	35,156	5	3	0	1	

*Figura 68. Datos de las 14 variables de los pacientes 65 a 81.*

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	Escala nalógic.
82	223	1	75	91,0	1,60	35,547	1	3	0	1	
83	145	2	82	89,0	1,60	34,766	6	2	0	3	
84	4	2	77	95,0	1,62	36,199	1	1	0	0	
85	34	1	61	86,0	1,60	33,594	1	2	0	1	
86	24	1	71	67,0	1,59	26,502	2	2	0	2	
87	41	1	74	75,0	1,68	26,573	0	0	2	0	
88	43	1	83	76,0	1,61	29,320	2	0	1	0	
89	61	2	68	75,0	1,68	26,573	2	0	0	0	
90	6	1	73	98,0	1,65	35,996	1	0	0	1	
91	173	1	77	53,0	1,50	23,556	2	0	0	1	
92	22	1	93	50,0	1,56	20,546	8	2	3	5	
93	1	1	86	87,0	1,67	31,195	1	1	3	3	
94	206	1	80	67,0	1,50	29,778	2	1	1	3	
95	137	1	78	65,0	1,68	23,040	2	5	0	3	
96	107	1	59	55,0	1,50	24,444	1	0	0	1	
97	37	1	83	63,0	1,65	23,140	2	2	3	2	
98	146	1	69	95,0	1,67	34,064	2	1	0	1	

*Figura 69. Datos de las 14 variables de los pacientes 82 a 98.*



Universidad de Valladolid

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	EscalaA nalógica	TipodeFr acturase gúnAO	Medición
99	212	1	70	85,0	1,70	29,412	1	0	0	0	5	2	
100	135	1	71	68,0	1,65	24,977	1	0	1	0	7	2	
101	23	2	79	80,0	1,60	31,250	1	5	0	2	9	2	
102	15	1	81	58,0	1,68	20,550	1	4	1	5	6	3	
103	115	1	84	76,0	1,63	28,605	1	1	1	2	3	2	
104	70	1	90	89,0	1,70	30,796	1	2	1	1	5	1	
105	80	1	88	80,0	1,64	29,744	1	2	0	2	6	1	
106	159	1	80	75,0	1,60	29,297	1	1	0	4	3	1	
107	221	2	81	79,0	1,58	31,646	1	0	0	0	7	2	
108	66	2	77	54,0	1,55	22,477	1	2	1	2	9	3	
109	76	1	71	55,0	1,63	20,701	1	0	0	1	2	1	
110	157	2	86	56,0	1,69	19,607	1	1	0	3	4	2	
111	129	1	85	99,0	1,60	38,672	2	3	0	1	3	2	
112	20	1	81	84,0	1,61	32,406	2	1	0	3	3	1	
113	81	2	50	86,0	1,61	33,178	4	0	0	2	8	2	
114	214	2	55	75,0	1,61	28,934	0	0	2	1	0	0	
115	138	2	55	76,0	1,67	27,251	0	0	2	1	0	0	

Figura 70. Datos de las 14 variables de los pacientes 98 a 115.

**Universidad de Valladolid**

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	Escala nalógic
116	151	1	75	76,0	1,70	26,298	1	1	0	1	
117	210	1	39	68,0	1,65	24,977	0	0	2	0	
118	140	1	42	76,0	1,69	26,610	0	0	2	0	
119	140	1	44	78,0	1,70	26,980	0	0	2	0	
120	165	2	45	89,0	1,69	31,161	1	0	0	0	
121	106	2	88	99,0	1,70	34,256	1	0	0	1	
122	65	2	73	72,0	1,80	22,222	1	1	0	1	
123	42	1	76	72,0	1,70	24,913	1	2	1	6	
124	18	1	80	89,0	1,60	34,766	2	0	0	1	
125	160	1	79	59,0	1,69	20,658	1	2	0	2	
126	217	1	73	89,0	1,70	30,796	5	1	0	4	
127	164	1	92	86,0	1,60	33,594	1	1	3	1	
128	155	1	63	70,0	1,67	25,100	1	0	3	1	
129	162	1	78	48,0	1,65	17,631	7	5	3	3	
130	30	1	89	87,0	1,60	33,984	1	0	3	3	
131	178	1	82	86,0	1,69	30,111	2	2	0	1	
132	134	1	78	90,0	1,62	34,294	1	2	0	2	

*Figura 71. Datos de las 14 variables de los pacientes 116 a 132.*

Universidad de Valladolid

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	Escala nalógic
133	7	1	75	85,0	1,68	30,116	1	2	1	2	
134	72	2	70	60,0	1,63	22,630	1	0	0	1	
135	202	2	49	75,0	1,79	23,408	2	0	0	0	
136	29	1	83	86,0	1,69	30,111	1	2	3	3	
137	127	1	77	87,0	1,60	33,984	2	0	0	0	
138	62	2	81	69,0	1,55	28,720	1	1	1	2	
139	88	1	71	89,0	1,61	34,335	1	0	0	0	
140	170	2	66	64,0	1,55	26,639	1	3	1	2	
141	154	1	82	68,0	1,68	24,110	1	4	0	2	
142	31	1	70	63,0	1,70	21,799	2	1	0	0	
143	47	1	52	78,0	1,82	23,548	4	1	1	3	
144	122	1	76	68,0	1,66	24,677	0	1	2	1	
145	208	2	86	65,0	1,63	24,465	2	0	0	0	
146	3	1	73	97,0	1,62	36,961	1	1	0	2	
147	36	1	90	72,0	1,60	28,125	1	1	3	1	
148	176	1	74	69,0	1,67	24,741	2	0	0	1	
149	133	1	66	87,0	1,60	33,984	0	0	2	0	

Figura 72. Datos de las 14 variables de los pacientes 133 a 149.

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FÁRMACOS	Escala nalógic
150	211	1	64	89,0	1,61	34,335	1	0	0	0	
151	132	1	66	86,0	1,58	34,450	1	0	0	0	
152	50	1	76	87,0	1,66	31,400	1	0	0	1	
153	38	1	78	85,0	1,69	29,761	1	1	1	1	
154	17	2	66	71,0	1,75	23,184	1	0	3	2	
155	126	2	90	45,0	1,62	17,147	7	2	1	4	
156	152	2	87	50,0	1,60	19,530	2	1	0	3	
157	33	1	82	85,0	1,62	32,388	2	1	0	2	
158	33	1	80	78,0	1,62	29,540	2	1	0	2	
159	28	2	87	60,0	1,67	21,514	7	1	0	4	
160	125	1	85	89,0	1,60	34,766	7	0	1	1	
161	118	1	62	75,0	1,69	26,260	0	0	2	0	
162	169	1	64	54,0	1,53	23,068	2	1	0	3	
163	175	1	61	78,0	1,70	26,990	1	0	0	1	
164	141	1	62	84,0	1,62	32,007	1	0	0	1	
165	44	1	75	102,0	1,65	37,466	1	2	0	0	
166	39	1	82	80,0	1,64	29,744	2	2	3	4	



Figura 73. Datos de las 14 variables de los pacientes 150 a 166.

	PACIENTE	SEXO	EDAD	Peso	Tallametros	IMC	VÉRTEBRA FRACTURA DA	VariablesdelInd icedeFragilidad Modificado	FRACTURAS PREVIAS	FARMACOS	EscalaA nalógica	TipodeFr acturase gúnAO	Medición	MecanismoLes nal
166	39	1	82	80,0	1,64	29,744	2	2	3	4	5	1	5	
167	174	1	85	98,0	1,67	35,139	4	6	1	5	8	3	5	
168	158	1	78	63,0	1,52	27,268	4	1	1	1	7	1	4	
169	68	2	100	90,0	1,58	36,052	2	2	3	1	3	2	2	
170	130	2	34	76,0	1,68	26,927	0	0	2	0	0	0	2	

Figura 74. Datos de las 14 variables de los pacientes 166 a 170.

**Universidad de Valladolid**

	DENSIDADTACGL OBALmgcm <sup>3</sup> HAP	TAC1AHAP	TAC1BHAP	TAC2AHAP	TAC2BHAP	TAC3AHAP	TAC3BHAP	DENSIDADTACGL OBALmgcm <sup>3</sup> Water	TAC1AWater	TAC1BWater	TAC2AWater	TAC2BWater
1	840,50	938,7	919,0	935,9	936,3	941,3	951,6	49,370	28,28	28,90	28,90	28,90
2	840,50	938,7	919,0	935,9	936,3	941,3	951,6	75,920	42,62	92,95	92,95	92,95
3	937,80	943,0	943,4	945,5	928,4	945,2	931,5	102,300	101,20	90,42	90,42	90,42
4	943,80	928,4	928,5	935,8	934,6	947,1	950,1	95,850	108,80	86,92	86,92	86,92
5	942,10	929,2	929,1	934,9	933,8	948,8	951,9	94,980	109,40	89,40	89,40	89,40
6	946,60	949,5	945,3	952,9	947,8	943,6	943,3	138,800	121,60	142,10	142,10	142,10
7	947,70	943,7	944,9	955,5	947,0	962,5	940,5	53,760	64,79	60,75	60,75	60,75
8	947,70	943,7	944,9	955,5	947,0	962,5	940,5	53,760	63,00	75,47	75,47	75,47
9	947,70	943,7	944,9	955,5	947,0	962,5	940,5	55,000	59,25	38,35	38,35	38,35
10	948,60	949,6	948,3	949,8	947,9	948,5	948,0	101,600	76,64	77,56	77,56	77,56
11	948,70	949,8	953,1	952,7	947,5	954,3	941,5	113,500	112,20	99,52	99,52	99,52
12	951,00	941,7	947,1	943,5	948,0	958,3	946,6	105,400	138,00	115,00	115,00	115,00
13	952,80	960,1	947,8	958,7	940,0	960,3	947,8	97,390	68,28	100,20	100,20	100,20
14	952,90	944,5	945,0	951,2	948,6	947,6	958,5	127,200	151,00	149,40	149,40	149,40
15	953,20	931,1	928,7	939,2	946,6	958,2	960,2	73,120	118,40	141,60	141,60	141,60
16	953,30	949,5	935,7	950,9	951,8	959,6	949,4	81,090	87,56	113,90	113,90	113,90
17	954,20	963,2	956,4	970,5	946,8	970,1	939,5	66,400	65,71	64,34	64,34	64,34

Figura 75. Datos de las variables HPA - WATER total y regiones de interés de los pacientes 1 a 17.

	DMOCV	TScoreCV	ConclusiónCV	ZScoreCV	TacGSI	RMN	Tratamiento	Revisión 1er mes	Revisión 3er mes	Revisión 6 meses	Revisión 12 meses
1	,7510	-3,60	2	-,9	1	3	1	3	3	1	1
2	,8960	-2,40	1	,0	2	4	1	2	2	2	1
3	1,2090	-,10	0	,8	1	1	1	1	0	0	0
4	,8910	-2,40	1	,0	2	3	1	1	0	0	0
5	,9000	-2,40	1	,0	2	3	1	2	2	2	2
6	1,6450	3,50	0	4,4	0	0	0	0	0	0	0
7	1,1390	-,70	0	-,1	1	1	2	3	1	1	1
8	1,0860	-,80	0	1,8	1	1	6	2	1	0	0
9	1,0880	-,80	0	1,7	1	1	6	3	3	3	3
10	1,3090	1,10	0	2,8	1	1	1	0	0	0	0
11	1,0070	-1,80	1	-2,0	0	0	0	0	0	0	0
12	1,1220	-,80	0	-,9	1	1	2	1	0	0	0
13	1,1600	-,20	0	1,7	0	0	0	1	0	0	0
14	1,1400	-,30	0	,9	1	1	1	0	0	0	0
15	1,0610	-1,00	0	1,5	1	1	1	1	0	0	0
16	1,1410	-,70	0	-,2	1	2	1	1	0	1	1
17	,7970	-3,20	2	-1,4	1	2	1	2	1	1	1



*Figura 76. Datos de las 13 últimas variables (de las 41 en total) de los pacientes 1 a 17.*

Tabla 88. EDAD\_Intervalos\*IMC\_30\*Conclusión CV\*SEXO.

				Recuento		
SEXO	Conclusión CV	EDAD_Intervalos		IMC_30		Total
				>30	1-30	
Mujer	Normal	EDAD_Intervalos	1,00	0	4	4
			2,00	2	3	5
			3,00	7	9	16
			4,00	3	4	7
		Total		12	20	32
	Osteopenia	EDAD_Intervalos	1,00	0	3	3
			2,00	4	3	7
			3,00	8	11	19
			4,00	7	6	13
		Total		19	23	42
	Osteoporosis	EDAD_Intervalos	1,00	0	1	1
			2,00	4	13	17
			3,00	4	9	13
			4,00	9	8	17
		Total		17	31	48
Total	EDAD_Intervalos	1,00	0	8	8	
		2,00	10	19	29	
		3,00	19	29	48	
		4,00	19	18	37	
	Total		48	74	122	
Hombre	Normal	EDAD_Intervalos	1,00	1	7	8
			2,00	1	3	4
			3,00	4	6	10
			4,00	3	3	6
		Total		9	19	28
	Osteopenia	EDAD_Intervalos	1,00	2	1	3
			2,00	0	4	4
			3,00	1	0	1
			4,00	3	3	6
		Total		6	8	14
	Osteoporosis	EDAD_Intervalos	1,00	0	1	1
			3,00	0	1	1
			4,00	2	2	4
		Total		2	4	6
	Total	EDAD_Intervalos	1,00	3	9	12



**Universidad de Valladolid**

			2,00	1	7	8
			3,00	5	7	12
			4,00	8	8	16
		Total		17	31	48
Total	Normal	EDAD_Intervalos	1,00	1	11	12
			2,00	3	6	9
			3,00	11	15	26
			4,00	6	7	13
			Total	21	39	60
	Osteopenia	EDAD_Intervalos	1,00	2	4	6
			2,00	4	7	11
			3,00	9	11	20
			4,00	10	9	19
			Total	25	31	56
	Osteoporosis	EDAD_Intervalos	1,00	0	2	2
			2,00	4	13	17
			3,00	4	10	14
4,00			11	10	21	
Total			19	35	54	
Total	EDAD_Intervalos	1,00	3	17	20	
		2,00	11	26	37	
		3,00	24	36	60	
		4,00	27	26	53	
		Total	65	105	170	

1:34-60 años 2:61-70 años 3: 71-80 años 4: 81-100 años