

# Índice

Motivación.....	15
Estructura.....	17
Capítulo 1. Introducción .....	20
1.1. Bases clínicas.....	21
1.1.1. Síndrome metabólico y composición corporal .....	21
1.1.2. Enfermedades difusas hepáticas .....	29
1.1.3. Carcinoma hepatocelular (CHC).....	31
1.2. Imagen médica.....	33
1.2.1. Tomografía computarizada para el estudio de la composición corporal.....	33
1.2.2. Resonancia magnética para el estudio de la enfermedad difusa hepática .....	34
1.2.3. Resonancia magnética para el estudio del carcinoma hepatocelular.....	37
1.3. Biomarcadores de imagen.....	42
1.3.1. ¿Qué es un biomarcador de imagen? .....	42
1.3.2. Biomarcadores de imagen para la caracterización de la enfermedad difusa hepática.....	45
1.3.3. Biomarcadores de imagen para la caracterización del carcinoma hepatocelular .....	49
1.3.3.1. Análisis de difusión .....	49
1.3.3.2. Análisis de perfusión .....	53
1.4. Aprendizaje profundo .....	59
1.4.1. Introducción al aprendizaje profundo.....	59
1.4.2. Redes neuronales convolucionales .....	62
1.4.2.1. Capa de entrada .....	63
1.4.2.2. Capa convolucional .....	63
1.4.2.3. Capa de agrupación .....	66
1.4.2.4. Capa de submuestreo o convolución transpuesta .....	67
1.4.2.5. Capa totalmente conectada .....	67
1.4.3. Optimización del proceso de entrenamiento .....	68
1.4.3.1. Entrenamiento en lotes .....	68
1.4.3.2. Sobreajuste y regularización.....	68
1.4.4. Estado del arte en el uso de CNN para resolver problemas de clasificación .....	73
1.4.5. Estado del arte en el uso de CNN para resolver problemas de segmentación.....	76
Capítulo 2. Hipótesis y objetivos .....	81
Capítulo 3. Materiales y métodos .....	84
3.1. Bases de datos.....	87
3.1.1. Segmentación automática hepática en secuencias MECSE .....	88
3.1.1.1. Cuantificación y validación clínica .....	90
3.1.2. Segmentación automática de grasa abdominal en imágenes de TC .....	92
3.1.2.1. Clasificación de la región abdominal .....	93
3.1.2.2. Segmentación de grasa visceral y subcutánea.....	93
3.1.3. Segmentación automática hepática en secuencias de perfusión.....	93

3.2. Anotación.....	95
3.2.1. Segmentación automática hepática en secuencias MECSE .....	95
3.2.2. Segmentación automática de grasa abdominal en imágenes de TC .....	96
3.2.3. Segmentación automática hepática en secuencias de perfusión.....	97
3.3. Preprocesado.....	99
3.3.1. Normalización .....	99
3.3.2. Re-escalado .....	101
3.4. Aprendizaje profundo .....	103
3.4.1. Software y hardware.....	103
3.4.2. Aumento de datos.....	103
3.4.3. Selección de la arquitectura.....	106
3.4.3.1. Segmentación automática hepática en secuencias MECSE .....	108
3.4.3.2. Segmentación automática de grasa abdominal en imágenes de TC .....	108
3.4.3.3. Segmentación automática hepática en secuencias de perfusión .....	109
3.4.4. Entrenamiento y validación.....	110
3.4.4.1. Selección de los hiperparámetros .....	112
3.4.5. Test 124	
3.4.5.1. Procesamiento de estudios de test .....	124
3.4.5.2. Métricas utilizadas en los modelos de segmentación.....	127
3.4.5.3. Métricas utilizadas en la clasificación.....	132
3.5. Cuantificación.....	133
3.5.1. Cuantificación PDFF y R2* en secuencias MECSE de RM .....	133
3.5.1.1. Paralelización .....	136
3.5.2. Descriptores de la curva concentración en secuencias de perfusión de RM .....	136
Capítulo 4. Resultados y discusión .....	138
4.1. Segmentación hepática y cuantificación en secuencias MECSE .....	139
4.1.1. Validación del método de segmentación hepática .....	139
4.1.2. Test del método de segmentación hepática .....	140
4.1.2.1. Test interno.....	141
4.1.2.2. Test externo .....	144
4.1.2.3. Discusión .....	150
4.1.3. Método de cuantificación .....	151
4.1.3.1. Paralelización y tiempo de ejecución .....	153
4.1.4. Validación clínica.....	154
4.1.4.1. Discusión .....	156
4.2. Segmentación de grasa abdominal en imágenes de TC.....	158
4.2.1. Detección de la región abdominal.....	158
4.2.1.1. Validación del modelo de clasificación.....	158
4.2.1.2. Test del modelo de clasificación .....	162
4.2.2. Segmentación de grasa visceral y subcutánea.....	164
4.2.2.1. Validación del modelo de segmentación.....	164
4.2.2.2. Test del modelo de segmentación.....	173
4.2.3. Discusión .....	176
4.3. Segmentación hepática y cuantificación en secuencias de perfusión.....	179

4.3.1. Validación del modelo de segmentación hepática .....	179
4.3.1.1. Orientación transversal .....	179
4.3.1.2. Orientación coronal .....	187
4.3.1.3. Orientación sagital .....	195
4.3.1.4. Resumen de los modelos seleccionados .....	202
4.3.2. Test del modelo de segmentación hepática .....	203
4.3.3. Discusión .....	207
4.4. Conclusiones generales .....	209
Capítulo 5. Implementación en práctica clínica .....	211
5.1. Plataforma de análisis de imagen .....	212
5.1.1. Desarrollo de un entorno de anotación .....	212
5.1.2. Integración de un módulo de análisis .....	215
5.1.3. Generación de los archivos segmentación para su visualización .....	217
5.2. Estándares de segmentación .....	218
5.2.1. DICOM RT Structure .....	218
5.2.2. DICOM Segmentation .....	220
5.2.3. Otros formatos .....	221
5.2.3.1. Neuroimaging Informatics Technology Initiative (NIfTI) .....	221
5.2.4. Servicio API REST .....	222
Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro .....	226
Referencias .....	231
Anexo I. Informe módulo de análisis .....	244
Anexo II. Cabecera DICOM: Objetos RT Struct y Seg .....	246
Anexo III. Publicaciones .....	262