

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
RESUM.....	7
SUMMARY.....	9
AGRADECIMIENTOS.....	11
ÍNDICE DE SIGLAS.....	15
ÍNDICE DE FIGURAS.....	17
ÍNDICE DE TABLAS.....	44
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	47
INTRODUCCIÓN.....	54
ANTECEDENTES	
Capítulo 1 Patrimonio Cultural Subacuático. Normativa e Instituciones	60
1.1. Normativa del Patrimonio Cultural Subacuático	60
1.1.1. La Constitución española de 1978	60
1.1.2. La ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español ...	62
1.1.3. La ley 4/2007, de 16 de marzo, de Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia	63
1.1.4. La Convención de la UNESCO 2001 sobre protección del Patrimonio Cultural Subacuático y su Anexo.	64
1.1.5. Plan Nacional de protección del Patrimonio Cultural Subacuático español.....	67
1.1.6. El Libro verde del Plan Nacional de Protección del Patrimonio Cultural Subacuático español	69
1.2. El Patronato de Excavaciones Arqueológicas Submarinas para la Provincia Marítima de Cartagena y el Museo Nacional de Arqueología Subacuática.....	70

Capítulo 2 Los fenicios en el Mediterráneo	78
2.1. Pecios fenicios en el Mediterráneo	80
2.1.1. Tanit y Elissa, Israel (siglo VIII a.C.)	81
2.1.2. Mazarrón I y II, Mazarrón, Murcia, España (siglo VII a.C.)	82
2.1.3. Bajo de la Campana, San Javier, Murcia, España (siglo VII-VI a.C.)....	85
2.2. Presencia fenicia en el litoral de la Región de Murcia.....	86
2.3. El yacimiento subacuático del Bajo de la Campana	87
2.3.1. Intervenciones arqueológicas en el yacimiento subacuático del Bajo de la Campana, estudio de materiales y publicaciones.	89
2.3.2. Descripción del cargamento del pecio fenicio del Bajo de la Campana, intervención arqueológica 2007-2011	98
2.3.3. Las defensas de elefante del pecio fenicio del Bajo de la Campana. Estudio y epigrafía	106
2.3.3.1. Epigrafía	110
2.3.3.2. Problemas de conservación de las 13 primeras defensas. Evolución del estado de conservación desde las primeras actuaciones hasta la actualidad	112
2.3.3.3. Préstamo de defensas de elefante del Bajo de la Campana a exposiciones temporales	122
Capítulo 3 El marfil	124
3.1. Principales fuentes de suministro	125
3.2. Taxonomía	130
3.2.1. Filogenia: origen y evolución de las especies	131
3.3. El marfil en la historia. Uso y aplicaciones	132
3.4. Estructuras básicas de una defensa de elefante	139
3.4.1. Formación y crecimiento	142
3.4.2. Funciones y propiedades mecánicas	144

3.4.3. Composición y configuración de los componentes estructurales del marfil	146
3.4.3.1. Componentes químicos. Moléculas de colágeno y cristales de hidroxiapatito	146
3.4.3.2. Nanoescala. Fibrillas de colágeno mineralizadas	147
3.4.3.3. Microescala. Fibras de colágeno mineralizadas y túbulos dentinarios.....	149
3.4.3.4. Macroescala. Líneas de crecimiento y patrón de Schreger	153
Capítulo 4 El medio subacuático	157
4.1. El medio subacuático. El medio marino. Conceptos generales	157
4.2. El Mediterráneo	158
4.2.1. Litoral de la Región de Murcia. El entorno de Isla Grosa	160
4.3. FACTORES DE ALTERACIÓN DEL MEDIO MARINO	167
4.3.1. Anegación	168
4.3.2. Efecto de la composición química del agua de mar. Salinidad o fuerza iónica.....	169
4.3.2.1. Sales solubles e insolubles	170
4.3.2.2. Compuestos de hierro	170
4.3.2.3. Gases	171
4.3.3. pH / Eh	171
4.3.4. Incidencia de la luz solar	172
4.3.5. Entornos sedimentarios o reductores	173
4.3.6. Hidrodinamismo	175
4.3.7. Factor antrópico	175
4.4. Factores de alteración del Bajo de la Campana.	175

4.5. PROCESOS DE DETERIORO DE LAS DEFENSAS DE ELEFANTE DEL BAJO DE LA CAMPANA	178
4.5.1. Deterioro físico	179
4.5.2. Deterioro químico	184
4.5.3. Biodeterioro	189
4.6. Alteración de las propiedades mecánicas de una defensa de procedencia subacuática	193

PARTE EXPERIMENTAL

Capítulo 5 Caracterización de una defensa arqueológica del Bajo de la Campana.....	197
5.1. Materiales y métodos	197
5.1.1. Instrumentación	198
5.1.1.1. Microscopía óptica (MO)	198
5.1.1.2. Espectroscopía FTIR	198
5.1.1.3. Microscopía electrónica de barrido-microanálisis de rayos X (SEM-EDX).....	200
5.1.1.4. Difracción de rayos X (XRD)	200
5.1.1.5. Cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS).....	201
5.1.2. Preparación de muestras	202
5.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	204
5.2.1. Microscopía óptica	204
5.2.2. Microscopía electrónica de barrido-microanálisis de rayos X	208
5.2.2.1. Caracterización morfológica	208
5.2.2.2. Análisis elemental	211
5.2.3. Difracción de rayos X	222
5.2.4. Espectroscopía FTIR	224

5.2.4.1. Identificación de grupos funcionales	224
5.2.4.2. Caracterización del material proteico	229
5.2.4.3. Caracterización de la estructura inorgánica de hidroxapatito de calcio	236
5.2.5. Cromatografía de gases-espectrometría de masas	255
5.2.5.1. Fracción hidrosoluble	255
5.2.5.2. Fracción soluble en disolventes orgánicos	262
5.2.6. Conclusiones	266
Capítulo 6 Caracterización de sedimentos del sitio de Bajo de la Campana	269
6.1. Materiales y métodos	269
6.1.1. Instrumentación	269
6.1.1.1. Espectrofotometría	269
6.1.1.2. Microscopio electrónico de barrido por emisión de campo (FESEM)	269
6.1.1.3. Espectroscopía FTIR	270
6.1.2. Descripción de las muestras analizadas	270
6.2. Resultados y discusión	271
6.2.1. Caracterización morfológica	271
6.2.2. Composición química	273
Capítulo 7 Conservación del marfil de procedencia subacuática	277
7.1. CRITERIOS DEONTOLÓGICOS de CONSERVACIÓN	277
7.2. Estado de la cuestión	283
7.3. Requisitos de los tratamientos de conservación del marfil de procedencia subacuática	287
7.4. Revisión de tratamientos sobre marfil de procedencia subacuática.	289
7.4.1. Los procesos de limpieza	290

7.4.2. Eliminación de sales solubles	291
7.4.3. Consolidación	291
7.4.4. Adhesión y reintegración volumétrica	293
7.4.5. Recomendaciones sobre conservación preventiva	293
7.5. Algunos ejemplos documentados de tratamientos de conservación sobre marfil arqueológico de procedencia subacuática	293
7.5.1. Bajo de la Campana, defensas donadas en 1979	294
7.5.2. Uluburun	296
7.5.3. Goa	297
7.5.4. BH_001 Faial	298
7.5.5. Vergulde Draeck y Tantura B	299
7.6. Programa de conservación de la intervención arqueológica Bajo de la Campana 2007-2011	302
7.6.1. Conservación ANTES de la intervención	302
7.6.2. Conservación DURANTE la intervención	304
7.6.3. Conservación DESPUÉS de la intervención	307
7.7. Conservación-restauración de las defensas de elefante del Bajo de la Campana 2007-2011	312
7.7.1. Proceso de eliminación de sales solubles y limpieza	312
7.7.1.1. 1ª FASE DE TRANSICIÓN AGUA DE MAR-AGUA DE RED-AGUA DESIONIZADA	312
7.7.1.2. 2ª FASE. ELIMINACIÓN DE SALES SOLUBLES	313
7.7.2. Documentación	315
Capítulo 8 Experimentación	320
8.1. Secado sin tratamiento	325
8.2. Secado con HR controlada	333

8.3. El procedimiento de la plastinación	340
8.3.1. Aplicación del procedimiento de la plastinación, método Biodur® S15, a temperatura ambiente	344
8.3.2. Escaneado en 3D, antes y después del tratamiento de plastinación	350
8.3.3. Experimentación con un fragmento de defensa SJBC_11_2980 y una defensa completa SJBC_10_1926 del Bajo de la Campana	355
8.4. Nuevas propuestas en tratamientos de conservación	372
8.4.1. Los diácidos grasos saturados	372
8.4.2. Nanopartículas	373
8.4.3. Secado con CO ₂ supercrítico.....	373
Capítulo 9 Evaluación de la eficiencia del tratamiento de plastinación	375
9.1. Materiales y métodos	376
9.1.1. Instrumentación analítica	376
9.1.2. Tratamientos de envejecimiento acelerado	378
9.1.3. Preparación de probetas	379
9.2. Resultados y discusión	381
9.2.1. Evaluación de la estabilidad del agente plastinante	381
9.2.1.1. Espectroscopia FTIR	381
9.2.1.2. Espectrofotometría	386
9.2.1.3. Colorimetría	390
9.2.1.4. AFM-nanoindentación	392
9.2.1.5. Ensayo de dureza	394
9.2.2. Evaluación del tratamiento de plastinación	394
9.2.2.1. Microscopía óptica	394

9.2.2.2. Microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM)	398
9.2.2.3. Espectroscopía FTIR	402
9.2.2.4. Espectrofotometría	407
9.2.2.5. Colorimetría	413
CONCLUSIONES.....	420
BIBLIOGRAFÍA.....	426
ANEXOS.....	457