

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
RESUM	VII
SUMMARY	XI
ÍNDICE	XV
ACRÓNIMOS.....	XIX
LISTADO DE FIGURAS.....	XXI
LISTADO DE TABLAS.....	XXIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	1
1.2. CUESTIÓN A INVESTIGAR	3
2. MARCO DE REFERENCIA.....	5
2.1. EL PAPEL DEL ENVASE. APLICACIONES A ALIMENTOS	5
2.1.1. El papel del envase	5
2.1.2. El envase y su uso para alimentos.....	7
2.2. NANOMATERIALES Y SU APLICACIÓN EN ENVASES PARA ALIMENTOS	10
2.3. MARCO LEGISLATIVO Y NORMATIVO DE LOS NANOMATERIALES.....	11
2.3.1. Legislación y normativa de nanomateriales y seguridad química	13
2.3.2. Legislación y normativa de materiales y artículos en contacto con alimentos.....	15
2.3.3. Legislación relativa a residuos y residuos de envase	21
2.4. LOS ENVASES, LA SOSTENIBILIDAD Y LOS NANOMATERIALES.....	25
2.5. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS NANOMATERIALES.....	27
2.5.1. Metodologías de evaluación de impacto ambiental.....	27
2.5.2. Evaluación de riesgos (RA).....	28
2.5.3. Análisis de Ciclo de Vida.....	31
2.5.4. Impacto ambiental en envases y embalajes que incorporan nanomateriales	32

2.6. REFERENCIAS.....	35
3. OBJETIVOS.....	45
4. HIPÓTESIS	47
4.1. FORMULACIÓN Y DEFINICIÓN DE HIPÓTESIS	47
4.2. HIPÓTESIS EN LA INVESTIGACIÓN REALIZADA	50
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1. NANOMATERIALES: UN MAPA PARA SU SELECCIÓN EN APLICACIONES DE ENVASE PARA ALIMENTOS. ARTÍCULO 1	55
5.1.1. Introducción.....	55
5.1.2. Materiales y métodos	55
5.1.2.1. Recopilación de la información relativa a nanomateriales y su uso en envases para alimentos.....	55
5.1.2.2. Análisis Multicriterio para la toma de decisiones en la selección de nanomateriales	58
5.1.3. Resultados.....	60
5.1.3.1. Revisión de nanomateriales disponibles.....	60
5.1.3.2. Recopilación y análisis de nanomateriales en función de las propiedades aportadas al envase	64
5.1.3.3. Clasificación de nanomateriales	72
5.1.4. Discusión de resultados.....	79
5.1.4.1. Selección y ranking de los nanomateriales.....	79
5.1.4.2. Mejora de las propiedades funcionales de los envases.....	80
5.1.4.3. Mejora de las propiedades activas de los envases.....	82
5.1.4.4. Mejora de las propiedades inteligentes de los envases.....	83
5.1.4.5. Combinación de propiedades de los envases.....	84
5.1.4.6. Aplicaciones actuales de mercado de los nanomateriales en envase y embalaje	84
5.1.5. Conclusiones	85
5.1.6. Referencias.....	86
5.2. EVALUACIÓN DE LA RECICLABILIDAD DE ENVASES DE PLÁSTICO CON NANOREFUERZOS. ARTÍCULO 2	91
5.2.1. Introducción.....	91
5.2.2. Materiales y métodos	94
5.2.2.1. Diseño del procedimiento para evaluar el reciclado.....	94
5.2.2.2. Preparación de los films que contienen nanomateriales.....	95
5.2.2.3 Reciclado de los films que contienen nanomateriales.....	97
5.2.2.4. Características del material reciclado obtenido	99
5.2.3. Resultados.....	101
5.2.3.1. Resultados del procesado	101

5.2.3.2. Resultados de los parámetros analizados con respecto al aspecto visual	102
5.2.3.3. Resultados de los parámetros analizados con respecto a la calidad del material	105
5.2.3.4. Resultados de los parámetros analizados con respecto a las propiedades mecánicas	107
5.2.4. Discusión de resultados	109
5.2.5. Conclusiones	113
5.2.6. Referencias	114
5.3. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE NANOMATERIALES APLICADOS A ENVASE: CASO DE ESTUDIO DEL NANOCARBONATO CÁLCICO COMO REFUERZO EN FILMS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD. ARTÍCULO 3	119
5.3.1. Introducción	119
5.3.2. Materiales y métodos	121
5.3.2.1. Materiales y consideraciones previas	122
5.3.2.2. Comparación entre sistemas y ciclos de vida	123
5.3.2.3. Aplicación del método USEtox™	126
5.3.3. Resultados	130
5.3.3.1. Estimación propiedades funcionales del film	130
5.3.3.2. Datos de inventario de los ciclos de vida analizados	131
5.3.3.3. Impactos ambientales de nanopartículas de CaCO ₃	136
5.3.4. Discusión de resultados y conclusiones	138
5.3.5. Referencias	140
6. DISCUSIÓN GENERAL	153
6.1. DISCUSIÓN GENERAL DE RESULTADOS ALCANZADOS	153
6.2. EVALUACIÓN DE LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS	155
7. CONCLUSIONES	161
8. DESARROLLOS FUTUROS	163
9. ANEXO. COMPENDIO DE PUBLICACIONES	166